مجلة فصلية تصدرها مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية - السنة (١) العدد (٤) إبريل ٢٠١٣م

العلوم والتقنية للفتيان

مدينة الملك عبدالعزيز
للعلوم والتقنية KACST

هل يمكن الاستفادة من الأعاصير؟

مركب شراعي لاستكشاف الفضـــاء

السيارة الكهربائية

ISSN 1658 6239

المقالات المنشورة في هذا العدد مترجمة عن المجلة الفرنسية العلم والحياة « Science & Vie »

كلمة العدد

يسرنا أن نضع بين يدي القارئ الكريم العدد الجديد من مجلتنا الفتية، مجلة العلوم والتقنية للفتيان. وقد حرصنا على أن تكون المواضيع متنوعة رغبة منا في تلبية رغبة أكبر عدد ممكن من قراء المجلة.

وهكذا تضمن العدد طائفة من الأخبار العلمية وعددا من المقالات. ففي الطاقة ومجال الفيزياء هناك حديث عن الجديد في الانصهار النووي وعن نواة الذرة الذي كان يعتقد أن أمرها قد انتهى، لكن ما ظهر أخيرا كشف عن المستتر في قلب المادة. ومن المعلوم أن الدول المتقدمة تواجه مشكلا خطيرا، وهو قضية تفكيك المنشآت النووية دون إلحاق أضرار بالمحيط. ولذا اخترنا في هذا السياق مقالة توضح الاحتياطات التي ينبغي مراعاتها والصعوبات التي تقف حجرة عثرة لبلوغ ذلك الهدف.

وفي التقنيات المعلوماتية تتناول مقالة كيفية تخزين المعلومات باستخدام الحمض النووي، بينما يشرح مقال آخر كيف أن هذا الحمض سيكون بمثابة القرص الصلب للمستقبل. وحول الجديد في هذه التقنيات: هل تصدق أنه بمجرد تحريك العين سيتحرك مؤشر على لوحة؟ بمعنى أن اللوحة تخضع لأوامر العين دون استخدام اليد... هذا ما توضحه إحدى المقالات. وفي مقالة أخرى حول مواد البناء يتضح أن المواد النانوية يمكن تشكيلها انطلاقا من ذرات عملاقة، بينما يتحمس بعضهم في البحث عن تشييد بيت كله من الأشجار ومنتجاتها.

وفيما يتعلق بالطب والصحة تطرق موضوع إلى ذكاء الأطفال ومقارنته بذكاء والديهم وخلص إلى أن الأطفال أذكى ممن ولدوهم. كما نعرّف القارئ في نفس الباب بالمهن المتعلقة بالدواء وبأهمية السباحة التي تزيد الأطفال فطنة. وفي مجال البيئة اخترنا لكم موضوعا حول الأعاصير يبيّن أهميتها وكيفية الاستفادة منها موضحا أن بدونها ستحدث كوارث من نوع آخر.

ومن المواضيع الشيقة نجد قصة النحل الذي أعطى عسلا بلون قوس قزح. ثمّ، من لا يعرف اللافقاريات، تلك الأجسام الهشة بدون عمود فقري؟ سندرك، بعد الاطلاع على المقالة المخصصة لها، أنه لا ينبغي أن نستخف بها حيث ثبُت أن لها عاطفة ومشاعر... وربما لها حياة داخلية لا زلنا نجهلها.

ولم ننس في هذا العدد الفضاء والطيران إذ أدرجنا مقالة حول مركبة شراعية لاستكشاف الفضاء تستمد وقودها من الضوء... وهو مشروع ياباني أثبت أنه بالإمكان استكشاف منظومتنا الشمسية بامتطاء هذا النوع من المركبات. كما توضح مقالة في الفلك لماذا يهتم العلماء بمناخ بعض الكواكب، مثل الزهرة، وزحل، والمريخ.

وبما أن صناعة السيارات تتطور بسرعة فائقة فقد ارتأينا أن نقدم للقارئ الجيل الثاني للسيارة الكهربائية التي من المتوقع أن تحتل الصدارة خلال السنين القادمة.

تلك هي لمحة عن مواضيع هذا العدد الذي نأمل أن يستمتع به جمهور القراء.

رئيس التحرير

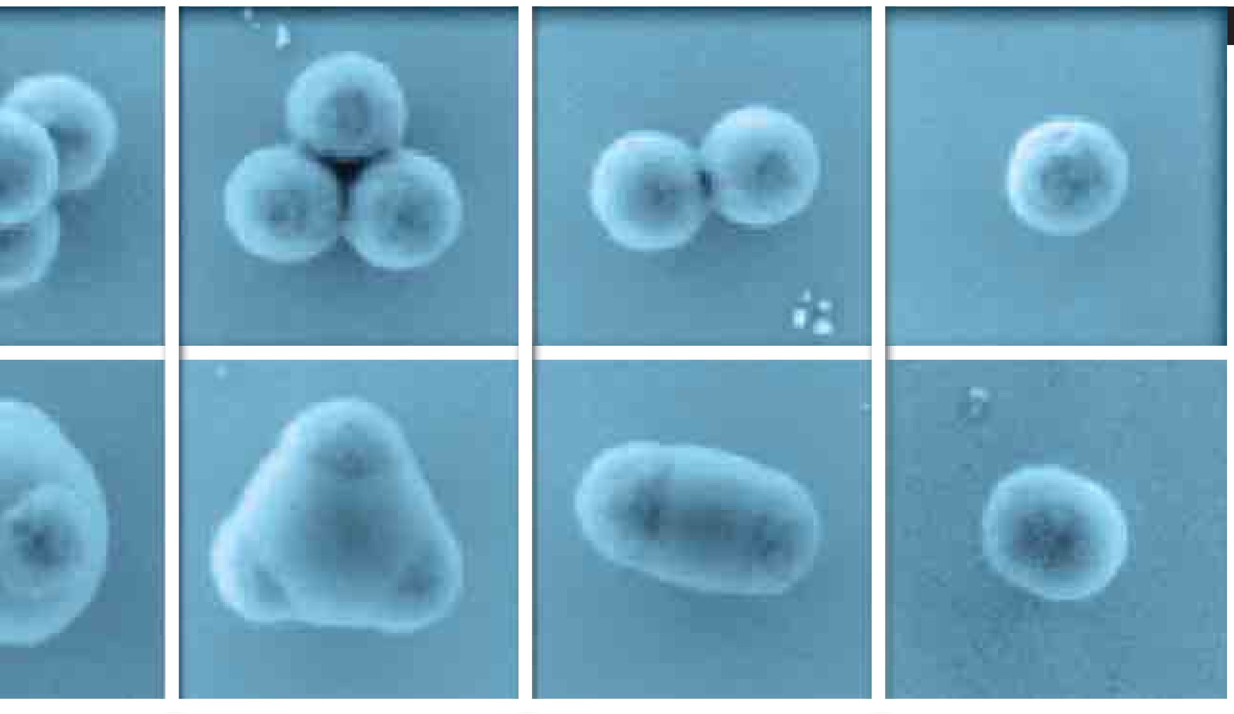








اقرأ في هذا العدد



المواد النانوية

ها هي مبنية من ذرات عملاقة

طوّر باحثون «ذرات» اصطناعية قادرة على التجمع ذاتياً من خلال... سلاسل الحمض النووي! مما يعِدُ بمواد جديدة الخصائص.

يبتهج فابريس سيفيراك Fabrice Severac، وهو مهندس أبحاث بشركة نانومايد كونسيبت Nanomade-Concept في مختبر "تحليل الأنظمة وهندستها" (المركز القومي للبحث العلمي CNRS) الكائن بمدينة تولوز (الفرنسية) قائلاً: "بفضل تلك المعالجة، فتحنا باباً جديداً في تقنية النانو التي تستخدم الحمض النووي". يدخل الإنجاز في إطار التقنيات التي تصل إلى جزء من المليار من المتر المستعملة للحمض النووي من أجل صناعة أنظمة اصطناعية: الآلات النانوية، الأقفاص النانوية للأدوية، الأنسجة النانوية النشطة...

لقد طوّر فريق من جامعة نيويورك بقيادة يوفينغ وانغ Yufeng Wang "عُـدَّة بناء" جسيمات نانوية وجعلها في متناول كل الباحثين في هذا المجال. فمن خلال سلاسل الحمض النووي، التي تعمل هنا عمل الغراء، تترابط الحبيبات النانوية فيما بينها مثل الذرات الحقيقية. يمكن أن ينتج الباحثون من الآن وصاعداً ذرات اصطناعية عملاقة (من ٥٠٠ إلى ٩٠٠ نانو متر مقابل ١٠ نانو متراً للذرات الحقيقية) والتي في حال تخفيف كتلتها في مذيب ستتفاعل بحسب قوانين الكيمياء لتشكل بنى مشابهة للمواد الموجودة (الطبيعية أو المصنعة). غير أن تلك البنى ستتسم بخصائص جديدة غير موجودة في الطبيعة. ذلك ما سيساعد على صناعة مواد خصائصها الكيميائية والإلكترونية والميكانيكية غير مسبوقة.

نشأة "كيمياء خارقة"

قدم هذا الإنجاز الحمض النووي كـ"إسمنت" لصناعة مواد نانوية على طريقة التجميع الذاتي. يوضح فابريس سيفيريك الأمر

قائلاً: "ثبتت سلاسل حمض نووي على سطح حبيبات نانوية من البولي ستايرين. إلا أن تلك السلاسل المثبتة والتي نسميها "بقعاً" هي انتقائية للغاية: لا تلتصق إلا بسلاسل مكملة من الحمض النووي لتشكيل سلاسل مضاعفة." بالتالي إذا امتلأ مغطس بتلك الحبيبات النانوية، فستتجاذب الحبيبات التي تحتوي على بقع متكاملة، وتتلاصق لتشكل "جزيئات".

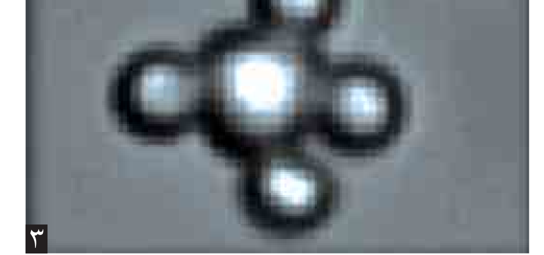
يقول فابريس سيفيراك : "الجديد هو ميزة الإتجاه في هذه البقع". في الواقع، تسمح التقنية بوضع سلاسل الحمض النووي في أماكن محددة من سطح الحبيبات، مثلاً على مواقع متقابلة تماماً أو موضوعة على شكل مثلث، أو مجسم رباعي الوجوه (الصورة)... مما ينتج من خلال التجميع الذاتي كل أنواع البنى: اخترع الباحثون "كيمياء خارقة" أصبحت جزءاً لا يتجزأ من أدوات تقنيات النانو.

عائق: تطبق تلك التقنية حصرياً على الحبيبات النانوية للبوليمرات polymer في حين أن "٩٠٪ من الأعمال حول تقنيات النانو مبنية على الحبيبات النانوية المعدنية سيما من الذهب" بحسب فابريس سيفيراك. ولذا يتعين أن نعمم ذلك الاختراع على نطاق أوسع. عند ذلك ستتجه الأنظار أولاً إلى كل صناعات الكهروضوئيات (صمامات ثنائية، ثنائيات ضوئية...). ر.ي. R.I.

١ يستعمل الباحثون كرات نانوية معزولة أو متجمعة من البولي ستايرين لصناعة ذرات عملاقة

٢ يتم بعد ذلك تغليف الكرات النانوية بالراتنج (ستايرين) بطريقة لا يظهر منها سوى الأطراف التي تثبت عليها سلاسل الحمض النووي (البقع)

٣ عند جمع ذرة من ٤ بقع و ٤ أخرى ببقعة واحدة، يحصلون مثلاً على تلك "الجزيئة" الاصطناعية الشبيهة بالميثان CH_4.



CENTER OF SOFT MATTER RESEARCH, DPT OF PHYSICS, N.Y.UNIV.

نحو البنى النانوية الأولى الثلاثية الأبعاد

بدأت بعض الإنجازات تستعمل الحمض النووي كـ"غراء" للحبيبات. مثال ذلك المركبات النانوية المشحونة بالطاقة التي طورها مختبر تحليل الأنظمة وهندستها: تكتلات من جسيمات الألمنيوم النانوية وأكسيد النحاس الملتحمة بسلاسل الحمض النووي. تلك المركبات التي لا يتجاوز حجمها الميكرومتر تطلق طاقة بمجرد إرسال إشارة. لكنها لا تملك بنية محددة. أما تقنية الباحثين الأميركيين، فتفتح الباب لابتكار البنى الثلاثية الأبعاد (بلورات) التي تعالج المعلومات حجمياً وليس سطحياً كما تفعل الدارات الإلكترونية أو البصرية الحالية.



حَفظتُ كتَاباً في الحمض النووي(١)



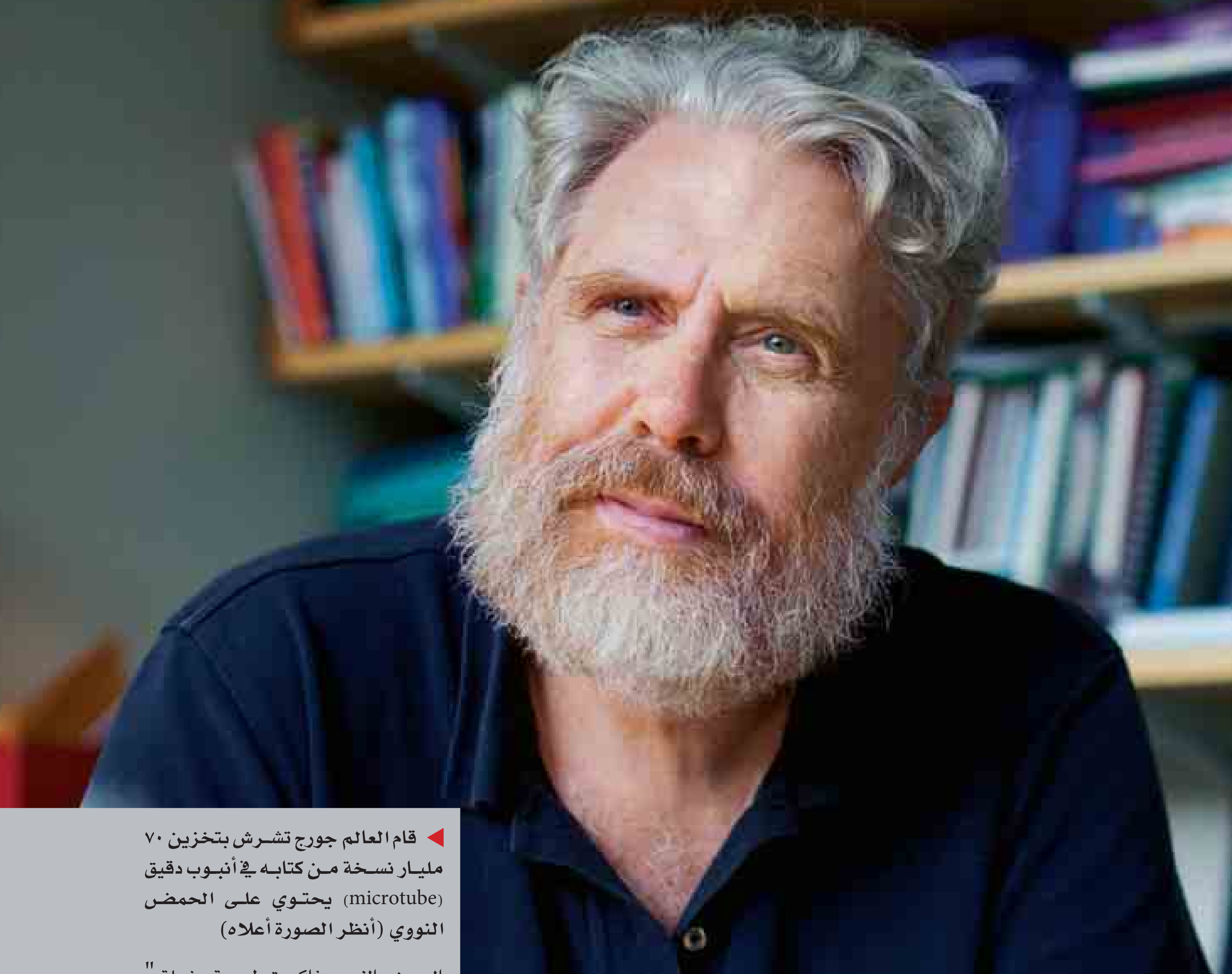
ثلاثمئة صفحة مشفّرة حُفظت في سلسلة حمض نووي صغيرة. بتحقيقه هذا الإنجاز، أدخل عالم الوراثة جورج تشرش George Church فن تخزين البيانات في عالم جديد. أهي بداية نهاية أقراص الفيديو الرقمية؟

بقلم: ستيفان بارج(٢)

لم يكن كتاب جورج تشرش قد صدر بعد حتى حقق رقماً قياسياً. كُرّس هذا البحث الواقع في ثلاثمئة صفحة -المؤلف مع آخرين من قبل رائد علم الوراثة الجزيئية- لمبادىء علم الأحياء البنائي، وحمل عنوان "إعادة تعريف علم الوراثة" (Regenesis). وقد طبعت منه سبعون مليار نسخة، ما يعادل تقريباً ٣ أضعاف مجموع نسخ أكثر مئة عمل مقروء في تاريخ البشرية كلها. هل جورج تشرش نابغة؟ "لا أبدًا" فحسب ما صرح به ابن الستين عاماً "فقد نجحت مع فريقي في احتجاز هذا كله ضمن حبيبات غبار قليلة، بالكاد تراها العين المجردة." لكن بأي حيلة تمكّن هذا البروفسور العامل في جامعة هارفرد (Harvard) من تحويل ٤٦ مليون قيقاأوكتي إلى ذرات لامتناهية الصغر؟ كيف تمكن من ضغط كتلة المعلومات الهائلة هذه، والتي تستوجب استخدام عشرات الآلاف من الأقراص الصلبة لتخزينها؟

الحمض النووي، ذاكرة طبيعية

يكمن سر الحمض النووي في ثلاثة حروف "د ن أ" (DNA)، أو الحمض النووي الريبي منقوص الأكسجين. ذلك اللولب المزدوج الشهير الذي يضمّ مفاتيح إرثنا الجيني. فهو لا يكتفي بإذهال علماء الوراثة والفيزياء والخبراء في تقنية النانو (راجع الإطار ص ٦ تحت عنوان "أفضل من السيليكون؟")، بل غدى الآن أحلام المعلوماتيين. طموحهم هو تحويل هذه الجزيئة إلى منصة تخزين مستقبلية قادرة على الحلول مكان مجمل الأقراص الصلبة والأقراص الفيديوية الرقمية وأقراص "الشعاع الأزرق" (البلوراي) (Blue-Ray) الأخرى. فعلماء الأحياء أنفسهم يرون أنه لا غرابة في هذه الفكرة البتة. يذكّرنا برنارد دوجون Bernard Dujon، الخبير في علم الوراثة الجزيئية في معهد باستور (Pasteur) بقوله: "إنّ المعلوماتيين لم يخترعوا شيئاً، بل إن



قام العالم جورج تشرش بتخزين ٧٠ مليار نسخة من كتابه في أنبوب دقيق (microtube) يحتوي على الحمض النووي (أنظر الصورة أعلاه)

الحمض النووي ذاكرة طبيعية مذهلة." والجدير بالذكر أنّ مزاياه كثيرة: بفضل بنيته المتراصة جداً بشكل اللولب، يعتبر الحمض النووي البطل بلا منازع في مجال كثافة التخزين، وهو بعيد جداً عن التقنيات الأخرى (راجع الرسم البياني على اليمين). يقول سريرام كوسوري Sriram Kosuri، أحد باحثي الفريق "إنّ ٤ غرامات حمض نووي نظرياً تكفي لتسجيل كامل البيانات التي خزّنت في العالم العام الماضي، ما يعادل ١,٨ زيتاأوكتي (١٨٠٠ مليار جيغاأوكتي)." يعادل هذا العدد ٢٠٠ مليار فيلم عالي الجودة مدته ساعتين.

يتخطى الحمض النووي من حيث كثافة التخزين الأدوات الأخرى كلها

كثافة البتات المخزّنة بالملم المكعب (٨ بتات = ١ أوكتي)

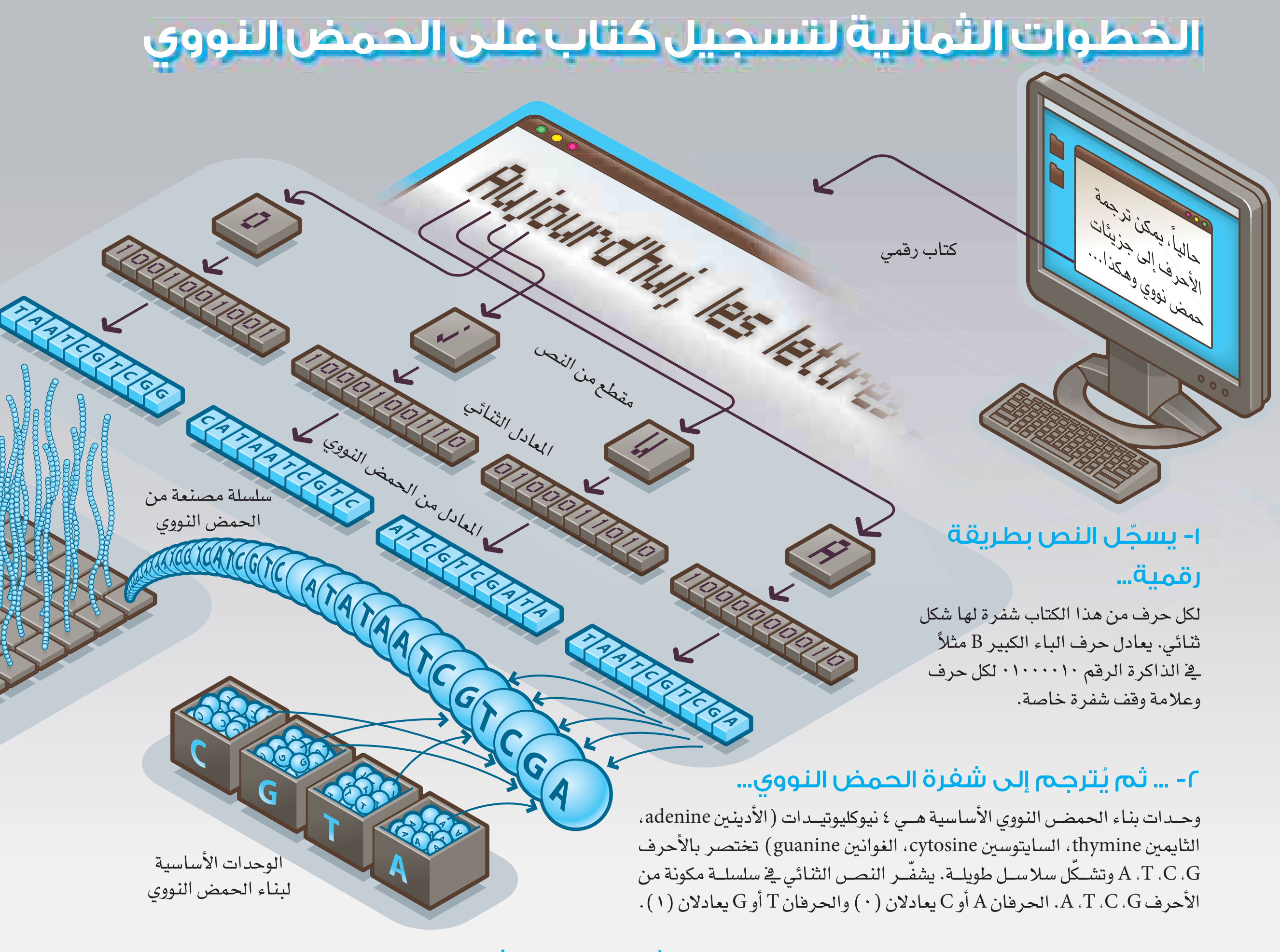
الحمض النووي: $5,5.10^{15}$

- الذاكرة الثلاثية الأبعاد: $1,4.10^{13}$
- القرص الصلب: 3.10^{9}
- الذاكرة الحافظة: 5.10^{8}
- الشريط التسجيلي: $5,6.10^{8}$
- قرص البلوراي: $7,5.10^{7}$
- قرص الفيديو الرقمي: 10^{7}
- قرص مدمج: 4.10^{5}

يتخطى الحمض النووي التكنولوجيات المستخدمة حالياً لصنع الأرشيف، ٤ غرامات منه تكفي لتسجيل كامل البيانات التي تخزّن في العالم طيلة عام

KELVINMAPHOTO - M.KONTENTE

الخطوات الثمانية لتسجيل كتاب على الحمض النووي



١- يسجّل النص بطريقة رقمية...

لكل حرف من هذا الكتاب شفرة لها شكل ثنائي. يعادل حرف الباء الكبير B مثلاً في الذاكرة الرقم ٠١٠٠٠٠١٠ لكل حرف وعلامة وقف شفرة خاصة.

٢- ... ثم يُترجم إلى شفرة الحمض النووي...

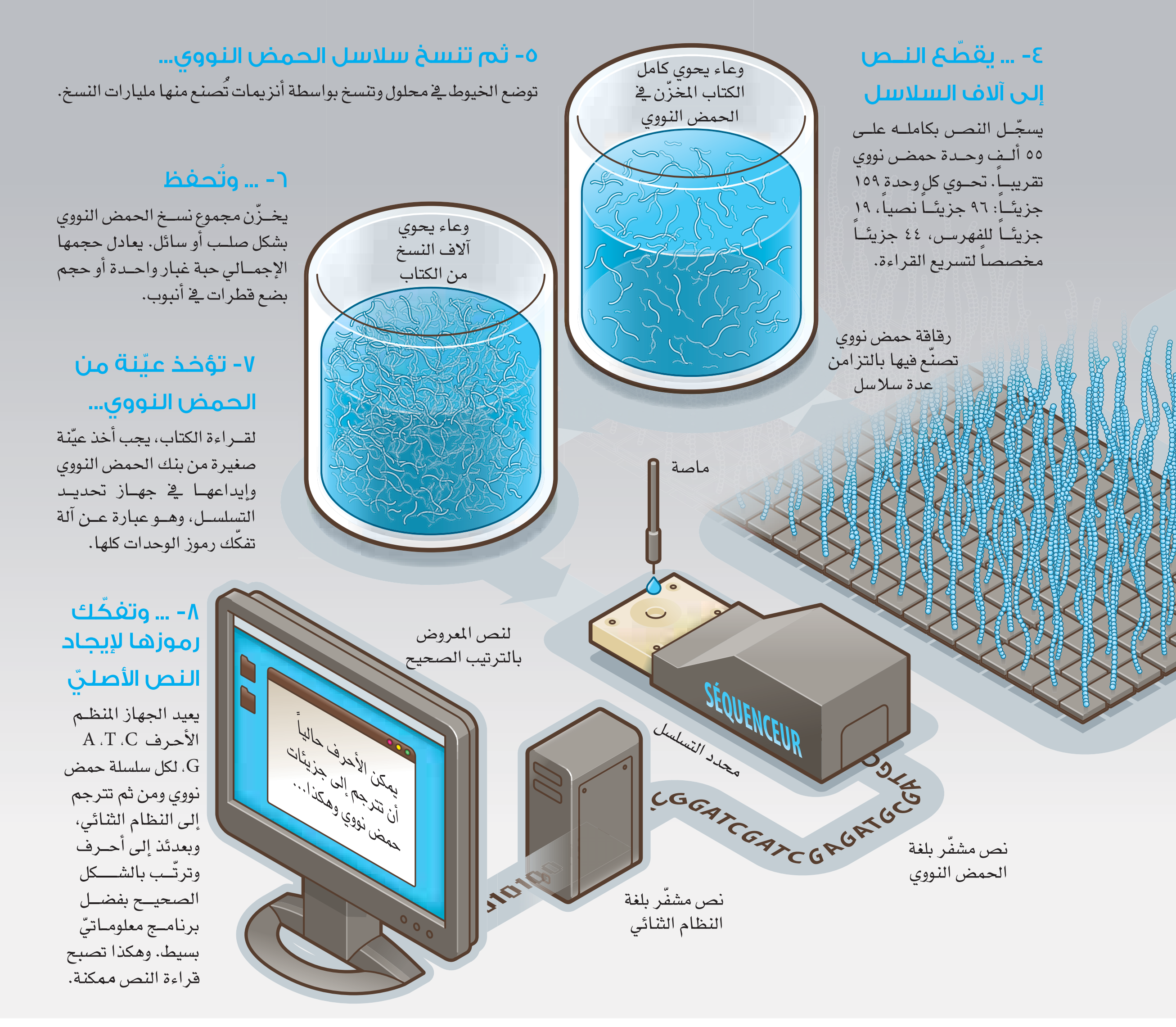
وحدات بناء الحمض النووي الأساسية هي ٤ نيوكليوتيدات (الأدينين adenine، الثايمين thymine، السايتوسين cytosine، الغوانين guanine) تختصر بالأحرف A ،T ،C ،G وتشكّل سلاسل طويلة. يشفّر النص الثنائي في سلسلة مكونة من الأحرف A ،T ،C ،G. الحرفان A أو C يعادلان (٠) والحرفان T أو G يعادلان (١).

٣- ... ثم يصنع في شكل حمض نووي فعلي...

يصنع النص المؤلّف من سلسلة افتراضية من الأحرف A ،T ،C ،G. بعبارة أخرى، يتمّ إنتاجه كيميائياً بتجميع وحدات الحمض النووي الأساسية الواحدة تلو الأخرى...

أفضل من السيليكون؟

أيمكن للحمض النووي أن يصبح منافساً كبيراً للسيليكون... هذه المادة الخام الخاصة بأجهزة المعالجة والذاكرات المعلوماتية؟ يرى خبراء في تقنية النانو في معهد كارلسروه (Karlsruhe Institute) (ألمانيا) أن ذلك ليس مستبعداً. فقد توصلوا حديثاً إلى تصميم نموذج قرص بصري أصلي باستخدام ... حمض نووي من سائل سمك سليمان المنوي. لكن هذه المرة لم يعد العلماء مهتمين بقدرات تخزين الحمض النووي التي استغلها جورج تشرش بقدر اهتمامهم بخصائص شبه الموصل. تمّ خلط الخلايا بجسيمات فضة نانونيّة ووضعها بين قطبين كهربائيين. وبعد تعريضها لأشعة الليزر، تفاعل الحمض النووي وشكّل ممرّ إلكترونات حول جسيمات الفضة النانونيّة. عندئذ لم يبق على العلماء سوى إحداث نبضات كهربائية ليحفروا على هذه "الكعكة" سلسلة متألفة من الرقمين صفر وواحد (النظام الثنائي الذي يشفّر المعلومات). هذا الجهاز شبيه بقرص فيديوي رقمي لا يمكن التسجيل عليه سوى مرة واحدة وإنما يمكن قراءة معلوماته متى شئنا.



ميزة أخرى للحمض النووي هي طول عمره الاستثنائي. يقول جورج تشرش في هذا السياق "إنه يمكنكم ترك عيّنة في الصحراء أو في عمق حديقتكم وستجدونها بعد ٤٠٠ ألف سنة." يمكن بحسب قوله تخزين أجزاء منه في المختبر في ظروف حرارية محددة لأكثر من مليون عام.

ما هو مبدأ هذا التخزين في الحمض النووي؟ يجب تحويل الأبجدية اللاتينية إلى أبجدية الحمض النووي التي تتألف من الأحرف A، T، C، G أو ما يُعرف بوحدات بناء الحمض النووي الأساسية (الأدينين، الثايمين، السايتوسين، الجوانين) المسماة نيوكليوتيدات. يتيح هذا التشفير الحصول على سلاسل –شبيهة بسلاسل النيوكليوتيدات في الحمض النووي– تستطيع آلة أن تحوّلها إلى جزيئات مصنّعة. ويمكن لهذه الجزيئات أن تخزّن إما بشكل سائل (بضع قطرات في أنبوب اختبار) أو صلب (آثار غبار على رقاقة حمض نووي). هذا أمر يبدو سهلاً، لكن المحاولات التي تم القيام بها منذ عشرين سنة تقريباً لم تتح سوى نسخ بضع مئات أوكتي –مقاطع من الإنجيل، والقصائد، والرسائل السرية من الحرب العالمية الثانية، ومن رواية لديكنز Dickens. بالنسبة إلى النصوص الأطول، واجهت التجربة أخطاء نسخ متعددة، تارة أثناء تسجيل البيانات وتارة

أخرى لحظة استرجاعها. يعترف جورج تشرش بهذا الشأن: "إنّ نسخ كميات بيانات كبيرة على سلاسل حمض نووي طويلة مازال معقداً"

"طابعة" حمض نووي

لقد خطرت ببال عالم الوراثة فكرة "تشريح" النص ليصنع سلاسل حمض نووي أقصر. وهكذا جزّأ جورج تشرش وفريقه، باستخدام برمجيات من تصميمهم، الكتاب إلى آلاف الشرائح التي تضم كل واحدة منها ١٢ حرفاً، ثم حولاها إلى سلاسل نيوكليوتيدات بواسطة مبدأ التشفير بالأحرف A، T، C، G (راجع ما ورد أعلاه). وبعد ذلك صُنّعت تتابعات لنيوكليوتيدات البالغ عددها قرابة ٥٥ ألفاً والتي تمّ الحصول عليها بواسطة جهاز تصنيع الحمض النووي. وهذا الجهاز أشبه بمصنع حمض نووي صغير يعمل كطابعة نافثة للحبر. لكن بدل السحب من عبوّات ملوّنة، تسحب من خزانات أدينين وثايمين وسايتوسين وغوانين. وهكذا يُحفظ الكتاب في أنبوب صغير يحوي بضع قطرات حمض نووي سائل. وبهذا يُحفظ العمل في أرشيف داخل الأنبوب.

يمكن هنا أن تبرز فكرة حقن هذا الحمض النووي المعروف النص، في خلايا حية. إنها فكرة مذهلة وقابلة للتحقيق تقنياً لكنها مخيّبة للآمال، إذ تسبّب هذه العملية حتماً في إتلاف البيانات. يفسّر الباحث الأمر قائلاً: "إنّ الخلية تتخلّص من جزء الحمض النووي الذي لا يجديها أيّ نفع." ما لم يتمّ ابتكار أسلحة جديدة تتيح للخلية مثلاً التغلب على فيروس، سيتعرّض الجزء للإتلاف. لهذا سجّل الكتاب على رقاقة حمض نووي، وهي شريحة زجاجية خصّصت لتخزين الجزيئات المصنعة بهذه الطريقة، على شكل ذرّات غبار مجهرية.

ويتابع الباحث قوله: "إنّ الحمض النووي بشكله الصلب أكثر تكدسا مما هو عليه بشكله السائل بمئة مرة على الأقلّ." لم يبق سوى التحقّق من فعاليّة النسخة، ولذا قام الباحثون بالعمليّة ذاتها معكوسة. ففكّكوا بواسطة جهاز تحليل الحمض النووي (آلة فرز قادرة على إعادة ترتيب النص) رموز أجزاء الحمض النووي التي شفّرت وأعادوا تحويل سلاسل أحرف A، T، C، G الموجودة في النص الأصلي باستخدام تحديد تسلسل. النتيجة: غياب تام أو شبه تام للخطأ، ووجود ١٠ بتات فقط أسيء نسخها من أصل ٥ ملايين بت في النص الأصلي، أي أن النسخ كان ناجحاً بنسبة تفوق الـ٩٩,٩٩٩٪. يضيف جورج تشرش George Church في هذا الموضوع قائلاً: "إنهم ارتكزوا على هذه النسخة الأولى في صنع مليارات النسخ الأخرى ليثبتوا كم صار سهلا نسخ كميات هائلة من البيانات. وكم بلغ الوزن الإجمالي لهذه الكميات؟ عشرة مليغرام...

الأرشفة المستقبلية؟

كيف يمكن معالجة واحدة من أكبر مفارقات عصرنا الرقميّ؟ يقول إريك سبيتز Erich Spitz: "إنّنا ننتج كتل معلومات متزايدة الضخامة بينما مدة حياة قواعد التخزين المتوافرة لم تبلغ قط ما بلغته اليوم من قِصَر." في تقريره الأول عن مدة حياة القواعد الحالية، انتقد هذا الفيزيائي، العضو في أكاديمية العلوم، هشاشة الأسطوانات والأقراص الفيديوية الرقمية وأقراص "الشعاع الأزرق" وتوقّع



لها فقدان الذاكرة خلال ١٥ سنة. ويصرّ على أنّ هذا الاختبار الذي أجري على الحمض النووي محفّز إلى حدّ أنه يتيح حفظ كمية بيانات هائلة على المدى البعيد جداً. ومن جهة أخرى، تجعل هذه القاعدة الجديدة بعض محترفي الأرشفة يحلمون منذ الآن بغدٍ أفضل. يقول لورانت دوكول Laurent Ducol، رئيس جمعية محترفي الأرشيف الفرنسيين: "إنّ الحمض النووي



◀ في هذا المختبر في جامعة هارفرد طُوِّرت الآلتان (جهاز تصنيع الحمض النووي وجهاز تحديد التسلسل) الضروريتان للتخزين في الحمض النوويّ.

يغدو ربما أداة ممتازة للحفظ على أصغر مساحة ممكنة ملفات هائلة الحجم كأشرطة الفيديو أو معلومات يستوجب حفظها سنين عدة: على سبيل المثال ملفات المتابعة الطبية."

لكن يضاف إلى الموضوع شرطان: خفض الأسعار وازدياد سرعة المعالجة لأننا ما زلنا بحاجة إلى إحراز تقدّم في هذا المجال. فكلفة كلّ من جهاز تصنيع الحمض النووي وجهاز تحديد التسلسل -وهما الآلتان الضروريتان لإجراء هذا الاختبار، تبلغ بضع مئات آلاف يورو. ويضيف جورج تشرش : "إنّ ثمن التصنيع تحديد التسلسل قسّم على ١٠٠٠ خلال أربع سنين، وإنه ليس هناك ما يمنع استمرار هذا الانخفاض في التكلفة."

والملاحظ أنّ أَرْشَفة الكتاب استغرقت أكثر من أسبوع... وفي هذا السياق أكّد جورج تشرش: "إنّ تقنيات جديدة وسريعة ستتيح لنا تسريع العملية". إن تحقق ذلك فلن يحول شيء دون إحداث الحمض النووي ثورة في التخزين المعلوماتي.

(1) “J’AI STOCKE UN LIVRE SUR DE L'ADN”, Science & Vie 1143, pp 92-96
(2) Stéphane Barge



الدنا:

القرص الصلب للمستقبل[1]

بقلم: غابريال كاربل[2]

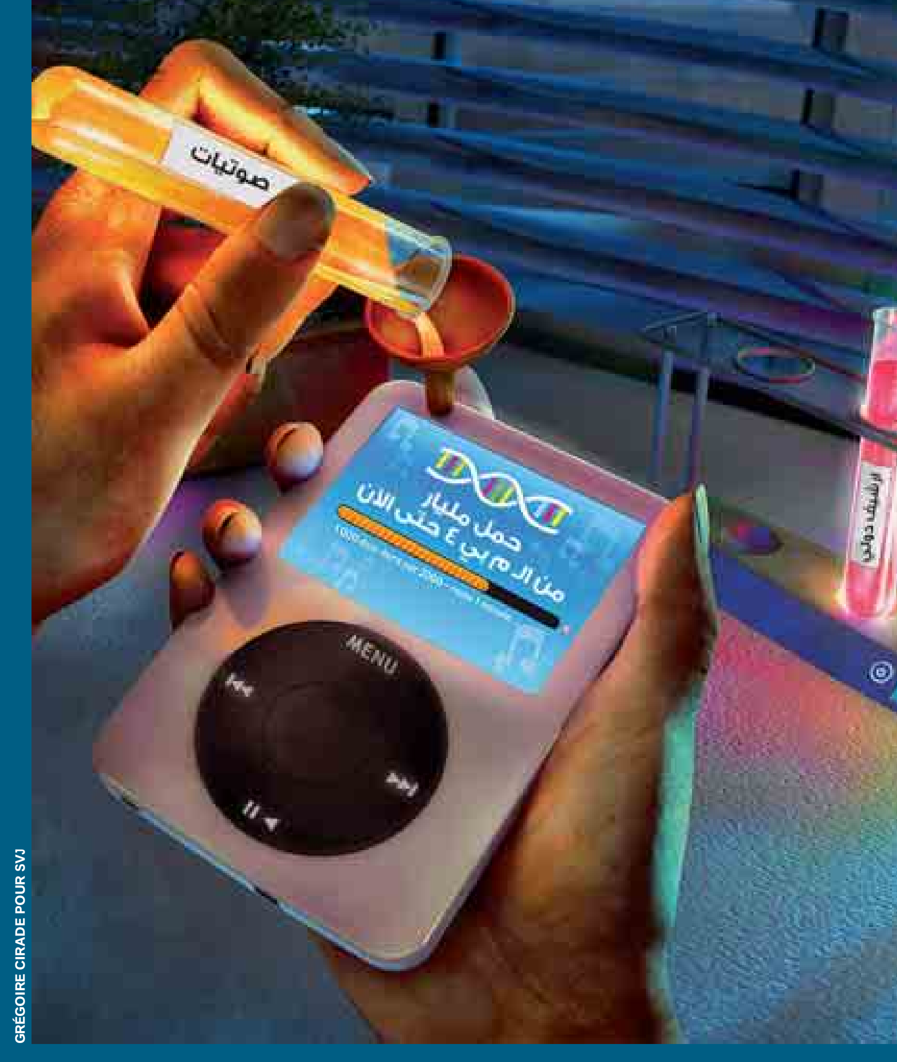
بدلاً من أن تأوي جزيئات الحمض النووي جيناتنا، قد تستقبل قريباً كل المعلومات المخزنة في أجهزة الحاسوب لدينا. شرع الباحثون في العملية في تأليف كتاب جديد على شكل شفرة جينية!

أهلاً بكم في العام ٢٠٣٨، على متن مركبة تتوجه إلى المريخ، أنهى رواد فضاء مهمة أكل وجبتهم بالقشة. سأل أحدهم: "هل نشاهد فيلم إليان ٣٦ (Alien 36)؟ توجه إلى الخزانة المبرَّدة حيث خُزنت ملايين الأفلام والكتب والأسطوانات الصوتية، التي نقلت على متن المركبة لتسلية الطاقم خلال رحلة الثلاث سنوات. من تلك المكتبة السمعية البصرية المصغرة، سحب نقطة سائل وضعها في قارئ أقراص مدمجة. بدأ الفيلم... لم يكن من الضروري استعمال أي قرص تخزين صغير أو قرص مدمج: يحوي السائل الملايين من الخيوط المجهرية، كل غرام يتضمن ١٠٠ مليار من الفيقابايت من الوثائق، أي حوالى ١٠ مليار أكثر من (iPad).

قد يبدو لكم هذا غير معقول، لكن نظام التخزين المستقبلي هذا قيد الدراسة في جامعة هارفارد (Harvard) في الولايات المتحدة الأميركية. في الواقع، تمكن فريق من الأخصائيين في علم الوراثة والمهندسين التابع للبروفسور تشرش من "كتابة" كتاب كامل يتضمن ٥٠ ألف كلمة و١١ صورة على سلاسل حمض نووي طويلة، الجزيئة التي تتألف منها جيناتنا. إنها المرة الأولى التي ينجح فيها رجال علم بوضع هذا القدر من المعلومات على وحدة تخزين من بعض أجزاء من المليار من الميكروغرام، وهذا حلم بالنسبة إلى علماء الحاسب الآلي الذين يحتاجون أحياناً إلى كيلوغرامات من الأقراص الصلبة لتخزين معطياتهم!

كل الانترنت مخزنة في مساحة لا يتعدى حجمها حجم الإبهام

لإعطائكم فكرة فإن كل المعلومات المتوفرة على الانترنت أي حوالى ٢ زيتا بايت (٢ يتبعه ٢١ صفراً)، تتسع في مساحة بحجم الإبهام! من ناحية الوزن، كل المعلومات التي تتضمنها شبكة الانترنت تزن ٥٠٠ ألف طن تقريباً



GRÉGOIRE CIRADE POUR SVJ

مـن الأقراص الصلبة أمـا من الحمض النـووي، فـلا تـزن إلا عشـرة غرامـات فقط.

لماذا الحمـض النـووي؟ لأن تلـك الجزيئـة تشفـر مجموعـة المعلومـات الوراثيـة التـي تحـدد صفاتنـا: لـون عينينا وشكل أنفنا... إذاً إن كان الحمض النـووي قـادراً علـى تخزيـن هـذا العـدد الكبيـر مـن المعطيـات، لماذا لا نستعملـه لحفظ كل ما تتضمنه أجهزة حاسوبنا؟

في الواقـع، إن بنيـة تلـك الجزيئـة الموجـودة في كل خلية مـن خلايانا مكيفة بشـكل خاص مـع كتابـة المعطيـات. تشبه مسبحـة مـن اللآلـئ الكيماويـة تُسمّـى القواعـد وهـي مـن أربعـة أنـواع: أدينين A، وجوانين G، ثايمين T، وسايتوسين C. بكلام آخـر، إن خيط الحمض النووي معـادل لجملـة طويلـة للغايـة تكتب بأبجدية من أربعة أحرف: G، T، A، و C.

أربعة أحرف تكفي لكتابة كتاب الحمض النووي

لا شـيء أسهـل نظريـاً مـن نسخ كتاب في تلـك الشفـرة الكيماويـة. لهـذا، ترجم الباحثـون النـص والصـور بلغـة أجهـزة الحاسـوب المزدوجـة، وذلـك النص مؤلف مـن رقمـين: (٠) و(١). كل حـرف مـن الأبجديـة يتوافـق إذاً مـع سلسلـة تلـك الأرقـام، وهـذا ينطبـق علـى الفواصـل والنقاط وكذلك على الصور وعناصرها. مثلاً يمثـل حـرف أ مـن أبجديتنـا بالسلسلـة "٠١١٠٠٠٠١" وعلامـة التعجب ! تمثل بالسلسلة "٠٠١٠٠٠٠١". السلاسـل الأولى، مثـل "٠٠٠٠٠٠٠٠" أو "٠٠٠٠٠٠٠١"، تمثـلان معلومـات مثـل "فـراغ" و"العـودة إلى السطـر". حالما تنسخ الكتب بلغـة مزدوجـة، اختار الباحثـون استبـدال الـ (٠) في الحاسـوب بالقاعدتـين A أو C في الحمـض النـووي والـ (١) بحرفـي T أو G. يصبـح حـرف أ في النص بالتـالي: "ATTAAAAT" أو "CGGCCCCG". إنهـا آلـة موصولـة إلى حاسـوب، "مصنـع" يقـوم بصناعـة سلاسـل الحمـض النـووي المتلاصقـة الأطـراف التي يطلبهـا الباحثـون، عندما ينتهـي هـذا العمـل يبقـى أن نضـع تلـك السلاسـل في أنبـوب اختبـار أو "نثبتهـا" علـى سطـح زجاجـي (كمـا لو كنـا ننحت قرص فيديـو رقمي أو (DVD) لنحافظ عليها.

قرص تخزين لا يفنى

أصبـح عملنـا الآن مخـزن بطريقـة جيدة في أنبوبة الإختبار، كيف نقرأه إذا؟

ببساطـة، نقـوم بالعمليـة العكسيـة. إن تقنيـة "فـك رمـوز" الحمـض النـووي معروفـة منذ ثلاثين سنـة: إنه "تحديـد التسلسل" واليوم أصبح آلياً. إن وسائـل تخزيـن وقـراءة المعطيـات باهظـة الثمن ومعقدة ممـا جعلها حكرا علـى الإختصاصيـين في علـم الوراثـة. علينـا أن ننتظـر إذاً قبـل أن نحصل على مسلسـل "سيمبسـون" (Simpson) الأخير على سلسلة حمض نووي، ننتظر إلى أن تصبح التقنية في متناول الجميع. لكـن ذلـك يستحـق كل العنـاء. أولاً لأن

ميزة تلك الجزيئة هي طول عمرها. يغير المستخدم عادة القرص الصلب كل خمس سنوات، غالباً بسبب الاستهلاك أو إساءة الاستعمال. هذا مزعج عندما نريد حفظ معلومات مهمة فترة طويلة. تُحفظ جزيئات الحمض النووي طوال مئات السنوات وحتى أكثر من ذلك: حصلنا على جزيئات منها في أحفوريّات تعود إلى آلاف السنوات! وحتى إن فسد الحمض النووي مع مرور الوقت، يبقى نسخه سهلاً للغاية: مع ملايين النسخ من كتاب في أنبوب اختبار، نتأكد من حصولنا على كامل العمل.

ميزة أخرى مهمة للحمض النووي: شفرته عامة ولا يمرّ الزمن عليها أبداً، بعكس أشكال تخزين الوثائق الأخرى. مضى الزمن على الشرائط المسموعة، وأجهزة تسجيل الفيديو أصبحت نادرة الوجود إلى حد أنه سيصبح قريباً من المستحيل قراءة شريط "نظام الفيديو المنزلي" VHS. وحتى الأقراص متعددة الاستخدامات الرقمية أو DVD أو البلو راي (Blue-ray) لا تدوم إلى الأبد. أما الحمض النووي الموجود في كل واحد منا، سيتابع إثارة اهتمام رجال العلم وستتوفر دائماً آلة لفك شفرته.




HUBERT RAGUET/CNRS PHOTO

قبل أن نخزن معطياتنا في الحمض النووي، ينبغي أن نقلل كثيرا من حجم الآلات التي تفك رموز الشفرة الجينية

(1) L'ADN, disque dur du futur, Science & Vie Junior 281, pp 62-63
(2) Gabrielle Carpel

أخبار علمية

الفسيولوجيا

نعرف لماذا النوم يحمي من داء السكري ومن السمنة

أخضع باحثون من جامعة شيكاغو متطوعين لأنظمة مختلفة من النوم ثم درسوا تأثر خلايا جسمهم بالأنسولين. يتوافق ذلك التأثر مع القدرة على امتصاص الغلوكوز الجاري في الدم لاكتساب الطاقة أو لتخزينه. كلما ضعفت استجابة تأثر الخلايا، ارتفع معدل الغلوكوز في الدم مما يؤدي إلى الإصابة بداء السكري من النوع الثاني. نام المتطوعون أكثر من ثماني ساعات في الليلة الواحدة خلال أربعة ليال وبعد شهر، ناموا أربع ساعات خلال أربعة ليال أخرى. وفي نهاية المطاف، لاحظ الباحثون انخفاضاً قدره ١٦٪ تجاه تأثر مجموع الخلايا بالأنسولين، وذلك الانخفاض معدله ٣٠٪ في الخلايا الشحمية. يقول ماثيو برايدي Matthew Brady الباحث المشارك في هذه الأعمال: "يزيد هذا الانخفاض في خطر داء السكري ويزيد من ناحية أخرى خطر السمنة لأنه يؤدي بالتوازي إلى انخفاض في إنتاج اللبتين (leptin)، وهو هرمون يؤدي دوراً مهماً في ضبط الشهية. منذ أربعين عاماً، انخفض معدل النوم ساعة كل ليلة تقريباً عند مجموع السكان. لذلك علينا الحذر، لأن الدماغ والخلايا الشحمية يحتاجان إلى النوم أيضاً."

أ. ر. A.R.

ها هي اللوحة الأولى التي تستجيب لحركة ... العين

بواسطة حركة العين، يمكن لمستخدم هذه اللوحة تحريك المؤشر على الشاشة أو إصدار أمر. إنها ثورة ناجمة عن تقنية مستخدمة حتى الآن في طب العيون وفي العلوم المعرفية، «التعقب البصري». إليكم التفسيرات.

يمكننا من خلال هذه اللوحة المسماة "أي بيم" I-Beam، اختيار صورنا، ودخول الانترنت أو الاستمتاع بتدمير الكويكبات التي تهدد كوكب الأرض. حتى الآن، كل هذا يبدو عاديا جداً، الجديد هو إمكانية أداء ذلك بمجرد تحريك العينين. هذا مثير للاهتمام، أليس كذلك؟

لقد صمم هذا النموذج، الذي يدشن أداة تحكم جديدة للحاسوب، الثنائي الياباني دوكومو– فوجيتسو Docomo-Fujitsu:

٣ تواريخ رئيسية

١٨٩٨

الأميركي إي بورك هيوي E. Burke Huey صنع "مقياس العين": بعد تثبيته على عدسة مصنوعة يدويا، يظهر خنجر مستدق حركة العينين على رسم بياني.

١٩٣١

صنع الإخوة تايلر Taylor آلة تسجيل حركة العين. انعكاس نقطة مضيئة على القرنية.

٢٠٠٥

يطلق المصنع السويدي توبي Tobii نظام تحكم بصري على الكمبيوتر للمعوقين.

ومؤسسة توبي السويدية، إنه علم "حركة العين". تقضي هذه التقنية، المعروفة أكثر بالتسمية الانجليزية "التعقب البصري" (Eye-tracking)، بالتحديد الدقيق لموقع النقطة المراقَبة على الشاشة، وهذا بمعدل بضعة مليمترات، عبر تحليل مسار نظر المستخدم. وتسمح حركات العينين البسيطة بتحريك المؤشر أو إصدار أوامر، كما يحصل بالفأرة الإلكترونية. عند مطالعة كتاب على الشاشة، حركوا بسرعة العينين إلى اليمين فتقلب الصفحة. وإذا أردتم فهم معنى كلمة ثبّتوا نظركم عليها لبضع ثوانٍ عندئذ يظهر تعريفها... هذه التقنية المثيرة هي نتيجة أعمال دامت أكثر من قرن من الزمن! وترتكز على مبدأ هيرشبيرغ Hirschberg.

منذ نهاية القرن التاسع عشر، وجد طبيب العيون هيرشبيرغ طريقة لاحتساب مسار النظر بإسقاط حزمة ضوئية في الحقل البصري لمرضاه. وباستغلال خصائص تحدّب القرنية، التي تؤدي دور المرآة، يمكن تحديد المحور البصري من خلال انعكاس هذا النور داخل تحديد العين وكذلك مركز البؤبؤ (انظر الصور الحاسوبية في الصفحة المقابلة). هذه هي الطريقة المطبقة للكشف مثلا عن الحول والتي نجدها اليوم في هذه اللوحة.

أداة علمية

كان ينبغي انتظار حلول المعلوماتية المجهرية لتوسيع آفاق هذه الأداة التي كانت حتى الآن محصورة في عيادات طب العيون أو في مختبرات العلوم المعرفية، إن انخفاض سعر المكونات الإلكترونية وتصاغر حجمها يسمحان الآن للتعقب البصري بالانتقال إلى عامة الناس؛ ما هو المبدأ الذي يقوم عليه ذلك؟ إنه يرتكز على كاميرتين وعلى صمامين ثنائيين مشعيّن كهربائياً يطلقان ضوءا من الأشعة تحت الحمراء. هذا الضوء غير مرئي، لكنه مع ذلك ينعكس عبر القرنية، ويمسح الحقل البصري للمستخدم. تدمج هذه المجموعة برمتها في اللوحة وتربط ببرنامج يقوم بتحليل الصور وبتحديد موقع انعكاس القرنية ومركز البؤبؤ. انطلاقا من ذلك، يحتسب المعالج المصغر مسار النظر كل ٣٠ جزءا من ألف من الثانية تقريباً.

يؤكد الصانع توبي Tobii، الذي عرض مؤخراً نموذجه في آسيا، أن هذه التقنية الجديدة ستدخل السوق في مدى سنتين. وفي انتظار ذلك، ما زال النظام قيد التطوير لأنه لا يلتقط –بعد– الكثير من الحركات، خاصة عند تحريك الرأس. "عيوننا هي أعضاء الإدراك الحسي قبل أن تكون أدوات إرشاد، يفسر علم حركة العين كل حركة للعينين كأمر أو كإشارة، حتى الحركات اللاإرادية منها". هذا ما يشرحه لنا تييري باشينو Thierry Baccino، أستاذ علم النفس المعرفي ومدير مختبر الأبحاث حول الاستعمالات المكرسة لتقنية المعلومات.

لذا يتطلب استعمال الجهاز تركيزاً وثباتاً، وإلا قد يؤدي الأمر إلى نتائج غير متوقعة. إضافة إلى ذلك، لا يُنصح بالاستخدام المكثف

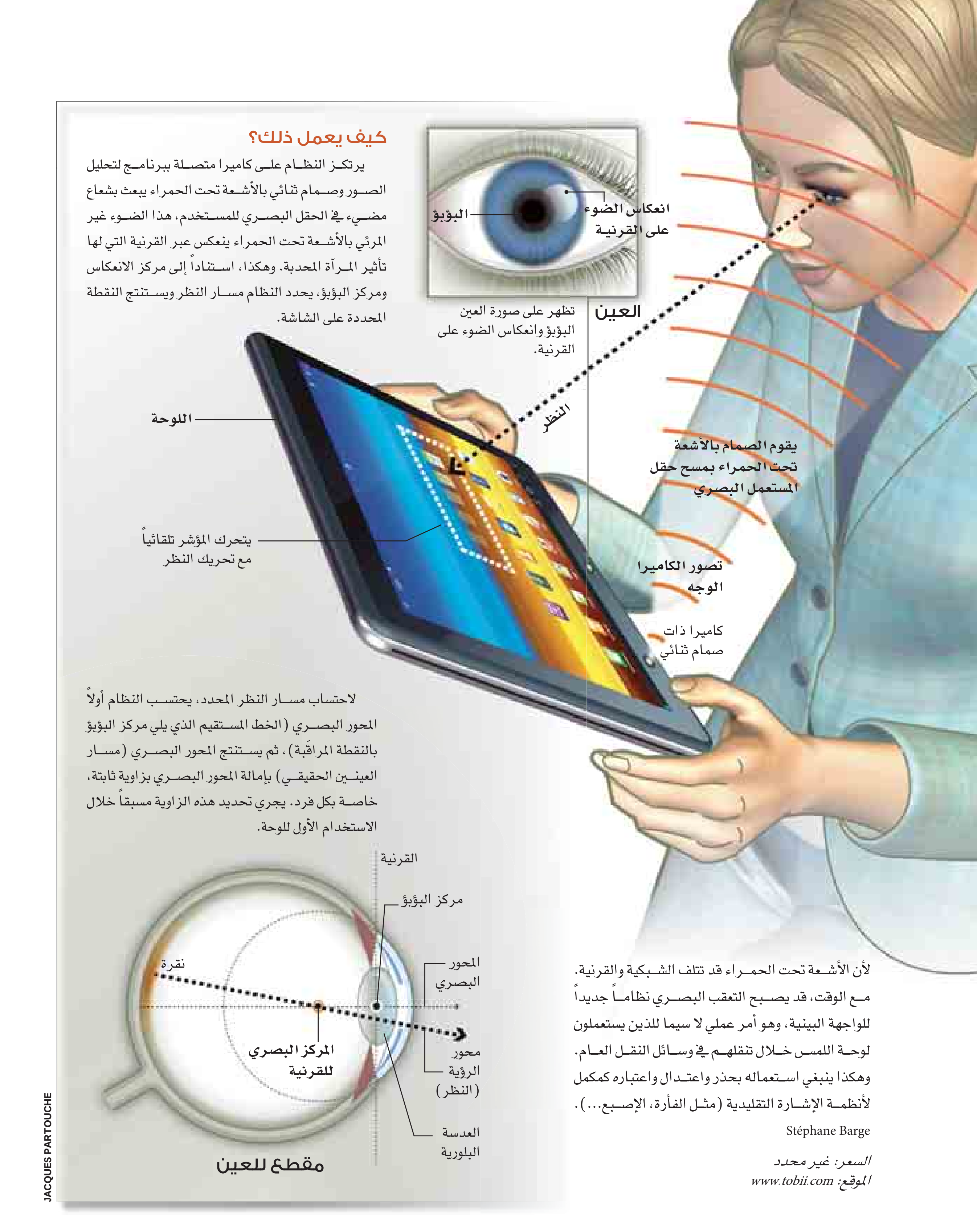
لأن الأشعة تحت الحمراء قد تتلف الشبكية والقرنية. مع الوقت، قد يصبح التعقب البصري نظاماً جديداً للواجهة البينية، وهو أمر عملي لا سيما للذين يستعملون لوحة اللمس خلال تنقلهم في وسائل النقل العام. وهكذا ينبغي استعماله بحذر واعتدال واعتباره كمكمل لأنظمة الإشارة التقليدية (مثل الفأرة، الإصبع...).

Stéphane Barge

السعر: غير محدد
الموقع: *www.tobii.com*

كيف يعمل ذلك؟

يرتكز النظام على كاميرا متصلة ببرنامج لتحليل الصور وصمام ثنائي بالأشعة تحت الحمراء يبعث بشعاع مضيء في الحقل البصري للمستخدم، هذا الضوء غير المرئي بالأشعة تحت الحمراء ينعكس عبر القرنية التي لها تأثير المرآة المحدبة. وهكذا، استناداً إلى مركز الانعكاس ومركز البؤبؤ، يحدد النظام مسار النظر ويستنتج النقطة المحددة على الشاشة.



لاحتساب مسار النظر المحدد، يحتسب النظام أولاً المحور البصري (الخط المستقيم الذي يلي مركز البؤبؤ بالنقطة المراقَبة)، ثم يستنتج المحور البصري (مسار العينين الحقيقي) بإمالة المحور البصري بزاوية ثابتة، خاصة بكل فرد. يجري تحديد هذه الزاوية مسبقاً خلال الاستخدام الأول للوحة.



السيارة الكهربائية

ها هو

إنها أكثر استقلاليّة، وأقوى أداءً وأرخص ثمناً...

CRÉDIT

ـــربائية[1]

الجيل الثاني!

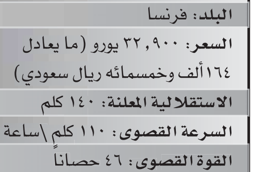
يتهمون السيّارات الكهربائية بأنها باهظة الثمن وضعيفة ولا تعمل باستقلاليّة؟ كان هذا في الماضي. أخيراً، سيتميز الجيل القادم بأداء يضاهي أداء المحرك الحراري. تصميم البطاريّات والشحن والمواد المختلفة... تم تطويره بالكامل. واليوم، نرى أن سيارة الغد في طور الابتكار. إليك دليل ذلك في سبعة نماذج رائدة.

بقلم: بريس بيرين[2]

DR

إضاءة على السبعة نماذج الأولى الـ ١٠٠٪ كهربائية

سيارة المدينة أو السيارة العائلية أو السيارة الرياضية... أصناف السيارات الكهربائية متوفرة كلها حالياً. لكن العام ٢٠١٣ يبدو تاريخياً: ها هي النماذج الأولى من الجيل الثاني تصل إلينا. إنها سبعة نماذج، نقدمها إليكم أدناه.

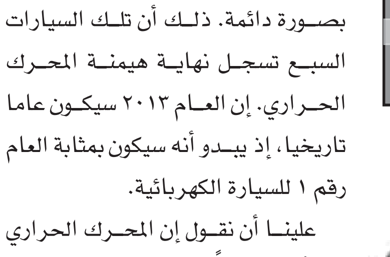


إيكساجون فورتيف - جي تي
(Exagon Furtive E-GT)

البلد: فرنسا
السعر: ٤٠٧,٠٠٠ يورو (ما يعادل ٢ مليون و ١٣٥ ألف ريال سعودي)
الاستقلالية المعلنة: ٣١٠ كلم (٧٣٠ كلم مع زيادة المسافة)
السرعة القصوى: ٢٥٠ كلم\ساعة
القوة القصوى: ٤٠٢ حصان
البطارية: ليثيوم أيون بوليمر Lithium-ion polymer: ٥٠ كيلوواط ساعة kWh
الوزن: ١٦٠٠ كلغ
الطول\العرض\الارتفاع: ٤,٤٦\١,٩١\١,٣٣ متراً

لومينيو نيوما
(Lumeneo Neoma)

البلد: فرنسا
السعر: ٣٢,٩٠٠ يورو (ما يعادل ١٦٤ألف وخمسمائة ريال سعودي)
الاستقلالية المعلنة: ١٤٠ كلم
السرعة القصوى: ١١٠ كلم\ساعة
القوة القصوى: ٤٦ حصاناً
البطارية: ليثيوم أيون بوليمر Lithium-ion polymer: ١٤ كيلوواط ساعة kWh
الوزن: ٨٥٠ كلغ
الطول\العرض\الارتفاع: ٢,٦٩\١,٦٦\١,٤٨ متراً



"رينو زوي" (Renault Zoé)، "لومينيو نيوم" (Lumeneo Neoma)، "بي إم دبليو آي ٣" (BMW i3)، "كورب س-زين" (Courb C-Zen)، "تيسلا موديل س" Tesla Model S، "إيكساجون فورتيف ي-ج-ت" (Exagon Furtive e-GT)، "لايتنينغ ج.ت" (Lightning GT). إنها أسماء السيارات السبع المختارة. من دون زيادة ولا نقصان! إنها مختارة لأنْ تصل إلى الأسواق في العام ٢٠١٣، بانتظام وفي كل الفئات: من سيارة المدينة الصغيرة إلى السيارة العائلية الكبيرة مروراً بالسيارة الرياضية. تم اختيارها لأنها بالتحديد السيارات الكهربائية السبع الأولى من الجيل الثاني، بعد سيارة "ليف" (Leaf) التي أنتجتها "نيسان" (Nissan)، الرائدة والفريدة في العام ٢٠١١.

> هذا الجيل توصل إلى قفزة تقنية حاسمة على كافة المستويات

إنها النماذج السبعة الأولى المصممة مباشرةً لتكون كهربائيّة، من المحرك إلى الهيكل، وليست مجرد سيارات معدلة من نماذج حرارية كما كان الجيل الذي سبقها. فالأمر بعيد عن أن يقتصر على سيارات مثيرة للفضول، بل يتعلق بسيارات ستسمح بتسجيل هذا النوع الجديد من المحركات في عالم السيارات بصورة دائمة. ذلك أن تلك السيارات السبع تسجل نهاية هيمنة المحرك الحراري. إن العام ٢٠١٣ سيكون عاما تاريخيا، إذ يبدو أنه سيكون بمثابة العام رقم ١ للسيارة الكهربائية.

علينا أن نقول إن المحرك الحراري لم يتأثر نسبياً، خلال قرن من وجوده، بمحاولات السيارات الكهربائية الخجولة في نهاية القرن التاسع عشر ولا في منتصف التسعينيّات من القرن العشرين. فالسيارات الكهربائية الأولى اكتسحتها الهيدروكاربونات الغزيرة والرخيصة الثمن، والعملية من ناحية الاستعمال، والمتسمة بطاقة كامنة مذهلة. أما بالنسبة إلى النماذج التي صنعت منذ ١٥ عاماً، فكان سعر بيعها باهظاً (مرتين أكثر من سعر المحرك الحراري المعادل لها)، فضلاً عن أدائها الضعيف (٩٥ كلم في الساعة عند القوة القصوى)، واستقلالية ضعيفة (٨٠ كلم كحد أقصى). أما أداؤها فتعيقه بطارية النيكل كادميوم (nickel-cadmium) المكلفة من ناحية الصيانة.

هذه كلها عقبات ومشاكل أتى عليها الجيل الجديد بشكل لافت. لكن كيف



كورب س-زين (Courb C-Zen)

البلد: فرنسا
السعر: ٢٥٠٠٠ يورو (ما يعادل ١٢٥ ألف ريال سعودي
الاستقلالية المعلنة: ١٢٠ كلم
السرعة القصوى: ١١٠ كلم\ساعة
القوة القصوى: ٢٠,٤ حصاناً
البطارية: ليثيوم فوسفات الحديد ١٢,١ كيلوواط ساعة kWh
الوزن: ٦٥٠ كلغ
الطول\العرض\الارتفاع: ٣,٢٨ \١,٧٨ \١,٤٢ متراً

موديلات تيسلا (Tesla Models)

البلد: الولايات المتحدة الأميركية
السعر: من ٥٧٠٠٠ إلى ٨٧٠٠٠ يورو (تقدير) ما يعادل ٢٨٥ إلى ٤٣٥ ألف ريال سعودي
الاستقلالية المعلنة: ٢٦٠ كلم إلى ٤٨٠ كلم
السرعة القصوى: ١٨٠ كلم\ساعة إلى ٢١٠ كلم\ساعة
القوة القصوى: ٣٦٠ حصاناً إلى ٤١٥ حصاناً
البطارية: ليثيوم أيون من ٤٠ كيلوواط ساعية kWh إلى ٨٥ كيلوواط ساعة
الوزن: ٢١٠٠ كلغ (طراز ٨٥ كيلوواط ساعة)
الطول\العرض\الارتفاع: ٤,٩٧ \١,٩٦ \١,٤٣ متراً

كان ذلك؟ أولاً لأنه على المستوى التقني، أظهرت السيارات أداء جديراً بهذا الاسم، وهذا كان نتيجة تصميم نماذج أعيد مراجعتها كلياً وتطويرًا لم يتوقف قط. بطاريات ومحركات وأجهزة شحن وتصميم ومعدات: كل واحدة من هذه المكونات التقنية الخمس الضرورية لنجاح السيارة الكهربائية وصل إلى درجة من النضج تكفل للسيارة مكانة مرموقة في الساحة.

البطارية، وهي المكوّن الأول من المكونات التقنية الخمس تلك، تظهر أداءً أكثر من رائع، سيما أنها لم تعد تعتمد على المواد نفسها. فقد وضع النيكل كادميوم (nickel-cadmium) جانباً وحلّت مكانه بطارية (ليثيوم-أيون) التي نجدها الآن في أجهزة الحاسوب والهواتف الخلوية. تظل بطاريات الجيل الجديد تلك صالحة أكثر من عشر سنوات (٢٠٠٠ دورة تقريباً، أي ٢٠٠ ألف كلم) ولا تحتاج إلى صيانة، ويمكن شحنها في أي وقت كان وتسمح بالوصول إلى مسافة ممتازة: تؤمن بطاريات تزن ٢٠٠ كلغ متوسط من استقلالية تصل إلى ١٥٠ كلم... علما أن ٨٥٪ من سائقي السيارات الأوروبيين يقطعون مسافة أقل من ٦٠ كلم في اليوم. تضمن الكثير من نماذج ٢٠١٣ قيادة حتى أكثر من ٢٠٠ كلم من دون شحن... مع أن ذلك لا يزال غير كاف لمنافسة المركبات الحرارية إلا أنه يفوق بثلاث مرات الجيل الذي سبقه!

وقائع وأرقام

بحسب استطلاع أجرته المؤسسة الفرنسية للرأي العام "إيفوب" (Ifop) في سبتمبر ٢٠١٢، فإن ٥٣٪ من الفرنسيين مستعدون لشراء سيارة كهربائية. تُصدر مركبة من هذا النوع حالياً ما يعادل ٤,٣ غ\كلم من ثاني أكسيد الكربون مقابل ١٢٠ غ\ كلم كمعدل لمحرك حراري. يتسم المحرك الكهربائي أيضاً بإنتاج أفضل: يستهلك ما يعادل ١,٤ لتر من الديزل في مئة كلم.

محرك: ٩٠٪ من المردودية

المكوّن الثاني الأساسي: المحركات الكهربائية أخف وزناً وأصغر حجماً وأقوى طاقة. في العام ١٩٩٧، كان محرك سيتروان ساكسو الكهربائي (Citroën Saxo Electric) يزن ٨٠ كلغ ولا تتعدى قوته الـ ٣٢ حصاناً. بعد خمسة عشر عاماً، أصبح كل محرك من محركات "المرسيدس إس.إل.إس إلكتريك درايف" (Mercedes SLS Electric Drive) الأربعة يتميز بقوة ١٨٨ حصاناً مقابل وزن لا يتعدى ٤٥ كلغ! وهذا كله بطاقة مرتفعة، متوفرة ابتداءً من الحد الأدنى من السرعة وفاعلية استثنائية تبلغ ٩٠٪ تقريباً... مقابل ٤٠٪ لأفضل المحركات الحرارية! ومَردّ هذا الأداء: محركات صممت خصيصاً للسيارة الكهربائية، مما يزيد من قوتها وفاعليتها. فإلى جانب محرك التزامن المزود بالمغناطيس الدائم الذي يستعمله معظم الصانعين، هناك محرك التزامن الملفوف الدوار



ب.م. دبليو٣ (BMW I3)

البلد: ألمانيا

السعر: ٤٥٠٠٠ يورو (تقدير) (ما يعادل ٢٢٥ ألف ريال سعودي)

الاستقلالية المعلنة: ٢٠٠ كلم

السرعة القصوى: ١٥٠ كلم\ساعة

القوة القصوى: ١٧٠ حصاناً

البطارية: ليثيوم أيون، ٣٢ كيلوواط ساعي

الوزن: ١٢٥٠ كلغ

الطول\العرض\الارتفاع: ٣,٨٥ \٢,٠١\ ١,٥٤ متراً

رينو زوي (Renault Zoé)

البلد: فرنسا

السعر: ٢٠٧٠٠ يورو (صيغة مع تأجير البطاريات)

الاستقلالية المعلنة: ٢١٠ كلم

السرعة القصوى: ١٣٥ كلم\ساعة

القوة القصوى: ٨٨ حصاناً

البطارية: ليثيوم أيون ٢٢ كيلوواط ساعي kWh

الوزن: ١٣٩٢ كلغ

الطول\العرض\الارتفاع: ٤,٠٨ \١,٧٣\ ١,٥٧ متراً

المستخدم من طرف رينو (Renault) وبولوريه (Bolloré). والملاحظ أن المحرك الأول أصغر حجماً وأخف وزناً وأكثر فاعلية. وأما المحرك الثاني فهو أقل ثمناً وقيادته أسهل.

بطاريات، ومحركات... وتصميم محدد. هو المكون الثالث وعامل القوة في الجيل الجديد هذا. وسيارة تيسلا موديل س (Tesla Model S) هي أفضل دليل على ذلك: بطارياتها صغيرة بما يكفي لوضعها تحت أرضية السيارة، مما يسمح بتخفيض ارتفاع مركز الثقل وتحسين ثبات السيارة على الطريق. والأجمل من ذلك: الطراز المسطح القاع، يستفيد أيضاً من واجهة أمامية من دون فتحات الهواء الضرورية للمحرك الحراري، مما يسمح له بقدرات انسيابية جديدة. ينخفض معامل اختراقها الهواء (Cx) إلى ٠,٢٤.... وهذا رقم قياسي عالمي!

لكن المشككين سيقولون: لا أرقام قياسية بدون مساس بعامل الراحة أو بمتعة القيادة. في الواقع... نجح هذا الجيل الجديد أيضاً مع هذا المكون الرابع المهم إذ تجاوز حدود الجيل الأسبق المتواضعة. تكيّف كل من التدفئة والتبريد والإضاءة مع الدفع الكهربائي فأصبحت تستهلك كمية أقل من الطاقة. وهكذا، فإن مقاومة التدفئة التي تجهزت بها النماذج الأولى استُبدلت بمضخة حرارية مزدوجة تقوم بتدفئة السيارة وتبريدها. ويسمح استرداد الطاقة عند الفرملة وتخفيض السرعة باستعمال الآلة الكهربائية كمولد كهربائي وإعادة شحن البطارية، مما يسمح أيضاً بتوفير صفائح الفرامل وأسطواناتها! أما بالنسبة إلى العجلات، فبعضها كُيّف خصيصاً لطاقة المحركات الكهربائية مثل كونتينونتال كونتي.إيكونتاك (Continental Conti. eContact): تعزيز جوانب السيارة وتخفيض المقاومة أثناء السير زاد في الاستقلالية بمعدل ٦٪.

إعادة الشحن: بسرعة وفي كل مكان

وفي الأخير، نلاحظ أن المكون الخامس والأخير، والبالغ الأهمية، الذي يتميز به هذا الجيل الكهربائي الجديد هو: جهاز إعادة شحنه. حتى اليوم، كانت إعادة شحن سيارة كهربائية عملية طويلة في أغلب الأحيان، بل صعبة بسبب النقص في المقابس الكهربائية. تتوفر الآن محطات للشحن السريع من التيار المستمر (الوحيد الذي تقبله حالياً السيارات الكهربائية) تؤمن طاقات قوية (٥٠ كيلواطاً أو يزيد)، لكن مشكلتها تكمن في سعرها الباهظ من ١٥٠٠٠يورو إلى ٢٥٠٠٠يورو لاتشمل تكلفة التركيب (ما يعادل ٧٥٠٠٠ريال سعودي إلى

لايتنينغ ج.ت (Lightning GT)

البلد: بريطانيا
السعر: ٢٢٢٠٠٠ يورو (تقدير) (ما يعادل مليون ومائة وعشر الاف ريال سعودي)
الاستقلالية المعلنة: ٢٤٠ كلم
السرعة القصوى: ٢٢٠ كلم\ساعة
القوة القصوى: ٤٠٠ حصاناً
البطارية: ليثيوم تيتانيوم Lithium– Titanium، ٤٤ كيلوواط ساعة
الوزن: ١٨٥٠ كلغ
الطول\العرض\الارتفاع: ٤,٤٥\١,٩٤\١,٣٠ متراً

«المشتقات»

النماذج التي ستنتقل من المحرك الحراري إلى الكهربائي في العام ٢٠١٣

سمارت فورتو (Smart Fortwo) قيادة كهربائية
البلد: ألمانيا
السعر: ٢٤٢٥٠ يورو (ما يعادل ١٢١ ألف ٢٥٠ ريال سعودي)
الاستقلالية المعلنة: ١٤٥ كلم

فولسفاغن غولف ٧ VW Golf) (VII بلو إي موشن (Blue e-motion)
البلد: ألمانيا
السعر: ٣٩٠٠٠ يورو (ما يعادل ١٩٥ ألف ريال سعودي)
الاستقلالية المعلنة: ١١٥٠ كلم

أودي أ١ إي-ترون (Audi A1 E (e-tron
البلد: ألمانيا
السعر: ٣٥٠٠٠ يورو (تقدير) (ما يعادل ١٧٥ ألف ريال سعودي)
الاستقلالية المعلنة: ٥٠ كلم (٢٥٠ كلم مع شاحن إضافي)

أودي ر٨ (Audi R8) إي-ترون (e-tron)
البلد: ألمانيا
السعر: ٢٢٧٠٠٠ يورو (تقدير) (ما يعادل مليون و ١٣٥ ألف ريال سعودي)
الاستقلالية المعلنة: ٢١٥ كلم

فورد فوكس إي في Ford Focus EV
البلد: الولايات المتحدة الأميركية
السعر: ٣٥٠٠٠ يورو (تقدير) (ما يعادل ١٧٥ ألف ريال سعودي)
الاستقلالية المعلنة: ١٦٠ كلم

مرسيدس س.ل.س Mercedes SLS أ م ج إي سيل (AMG E-Cell)
البلد: ألمانيا
السعر: ٤٢٢٠٠٠ يورو (ما يعادل ٢ مليون و ١١ ألف ريال سعودي)
الاستقلالية المعلنة: ٢٥٠ كلم

١٢٥٠٠٠ريال سعودي). لكن في الأشهر القادمة، ستؤمن محطات للشحن وقوابس على الطرقات العامة، كما هو الشأن في الأماكن الخاصة، لتمكين الجميع من إعادة شحن بطارياتهم حيثما تواجدوا وفي أي وقت كان. وابتداءً من هذه السنة، ستجهز بعض المركبات التي في السوق بقابس متعدد الأقطاب يعمم في أوروبا في موعد أقصاه العام ٢٠١٧. وسيسمح أيضاً بتحميل شحن بطيء (على قابس عادي) وشحن سريع (على قابس خاص)، وسيكون ملائماً مع التيار المتناوب والتيار المستمر.

وتبنّت رينو (Renault) حلاً آخر لسيارتها زوي Zoé يقضي بدمج شاحن سريع في السيارة، وهذا الشاحن كان حتى الآن يقتصر على المحطات التي تحوّل التيار المتناوب الذي تنتجه الشبكة إلى تيار مستمر. ومن جهة أخرى، ينصّ مرسوم صدر في يوليو ٢٠١١ على أنه في المباني الجديدة التي قدمت رخصتها بعد الأول من يناير والمباني القديمة ابتداء من العام ٢٠١٥، "ينبغي أن يصمم كل موقف السيارات أو جزء منه بطريقة تمكنه من استقبال في وقت لاحق محطة شحن لإعادة شحن عادية لمركبة كهربائية".

الحصيلة: من وجهة النظر التقنية، نجحت سيارة ٢٠١٣ جيداً في الحقول الثلاثة. مما يجذب حتى هواة الحرية والقوة. هناك دليل لا يخطىء: أخذ شك المحللين الاقتصاديين يتقلص تجاه مستقبلها الزاهر. ولا يعود هذا إلى اختفاء نقاط الضعف التقنية فحسب بل يرجع أيضا إلى كون ذلك التقدم الضروري ظهر في الوقت الذي كانت فيه السيارة تمرّ بفترة حاسمة من تاريخها...

> جاءت هذه الابتكارات في أوانها حيث يمر قطاع السيارات بمرحلة حاسمة

ومن الناحية البيئية، أصبح احترام المعايير أمرا صعباً للغاية بالنسبة إلى المركبات المجهزة بمحرك حراري.

يفرض الاتحاد الأوروبي على الصانعين ألا يتعدى معدل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في كل سياراتهم الجديدة التي ستباع في العام ٢٠٢٠ معدل ٩٥ غ\كلم (مقابل معدل يبلغ ١٣٢ غ\كلم حالياً لكل أنواع المركبات). لتحقيق ذلك الهدف، لا خيار أمام الصانعين سوى أن يضموا إلى مجموعتهم بعض المركبات التي تتميز بـ "انبعاث صفر"...

ثم، من الناحية الاقتصادية، لم تعد كلفة المركبات الكهربائية المرتفعة تشكّل عائقاً. والدليل على ذلك ما أظهرته تجربة قامت بها جامعة أدنبره (Edinbourg) في بريطانيا حيث تبيّن، حسب روس ميليغان Ross Milligan مدير تطوير الدراسات، أن "المركبات الكهربائية فعالة محليًا من دون ←



صناعة كاملة وصلت إلى مرحلة النضج

لم تعد السيارة الكهربائية من نسج الخيال. أصبحت تُنتج بالآلاف عبر العالم، وانضم إليها كل الفاعلين في صناعة السيارات: من المكونات (في الصورة أدناه، حزمة بطاريات ليثيوم-أيون تُجمّع في "س.ب ليموتيف" (SB Limotive)، وفي الصورة على اليسار، محرك يتم إنتاجه في مصنع بوش (Bosh) في هيلديشيم (Hildesheim) بألمانيا) إلى نظام التجميع (ص٢٣ نظام تجميع "تيسلا موديل س" (Tesla Model S) بكاليفورنيا).



← شك في المسافات القصيرة: لقد تم قطع مسافة ٢٩٠٠٠ كلم على مدى سنة كاملة من دون أي عطل. وبلغت كلفة شحن السيارات الخمس المستعملة ٧٩٠يورو مقابل ٣٧٥٠يورو (ما يعادل ٣٩٥٠ريال سعودي مقابل ١٨٧٥٠ريال سعودي) لتزويد سيارات مشابهة بالوقود لاجتياز المسافة نفسها." ومع ذلك، يبقى سعر الشراء مرتفعاً بسبب البطارية: فرغم أن متوسط ثمنها انخفض إلى النصف خلال خمس سنوات، فإنه لا يزال يمثّل أكثر من ١٠٠٠٠ يورو (ما يعادل ٥٠ ألف ريال سعودي) بالنسبة إلى السيارة الكهربائية الحالية. وهذا المبلغ تعوضه جزئياً منحة بيئية تبلغ ٧ آلاف يورو (ما يعادل ٣٥ ألف ريال سعودي).

وبصورة عامة، وبحسب المجلس الاقتصادي والاجتماعي والبيئي سيز (Cese)، فإن "أسلوب الحياة المبني على نفط رخيص الثمن يتزايد الطلب عليه قد يصبح غير متاح بعد غد. في هذا السياق، من المتوقع أن يفرض تطوير أنواع مركبات جديدة خالية من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، ومن بينها المركبات الكهربائية، أن يفرض نفسه، أو على الأقل سيزداد حدة خلال السنوات القادمة." ويشير إلى ذلك أيضاً ماتيو فلونو Mathieu Flonneau، أستاذ محاضر في التاريخ المعاصر بجامعة باريس الأولى بانتيون – السوربون، ورئيس مجموعة الأبحاث P2M ("التنقل بين الماضي والحاضر")، قائلاً: "إن الأزمات البيئية والمالية والاقتصادية والنفطية هي مواضيع نقاش منذ ٤٠ إلى ٥٠ سنة. بالنسبة إلى السيارة الكهربائية فالطلب الاجتماعي القوي و"الفعال" يؤثر على السلطات العامة التي فتحت الأبواب لبرامج وتجهيزات وبنى تحتية."

الوقائع تشهد على ذلك: في فرنسا، التزمت الدولة طلب ٥٠٠٠٠ مركبة كهربائية من الآن إلى العام ٢٠١٥. وقد تم تسليم السيارات الأولى منها هذه السنة. وأعلنت الحكومة عن الإبقاء على المنحة البيئية البالغة ٧ آلاف يورو (ما يعادل ٣٥ ألف ريال سعودي) لشراء سيارة كهربائية، ورسوم بتعرفة أقلّ، ومنح ٥٠ مليون يورو (ما يعادل ٢٥٠ مليون ريال سعودي) لتمويل بنى تحتية لمحطات شحن عامة. ويؤكد وزير التنمية المستدامة

تاريخ

في العام ١٨٩٩، كانت السيارة الكهربائية "لا جامي كونتانت" (La Jamais Contente) الأولى التي قطعت مسافة ١٠٠ كلم\ساعة. لم تسمح لها بطاريات الرصاص الثقيلة الوزن وقليلة الكثافة الطاقيّة والمتعذر تجاوزها منذ عشرات السنين إلى فرض نفسها في السوق. منذ ١٩٠٩، تجاوزت سيارات سريعة مزودة بمحركات حرارية الـ ٢٠٠ كلم\ساعة... مستفيدة من نفط غزير ورخيص الثمن.



أن "السيناريو الفرنسي المتعلق بتطوير المركبة الكهربائية والهجينة القابلة للشحن يعتزم إنشاء ٤ ملايين محطة شحن خاصة و٤٠٠٠٠٠ نقطة شحن عامة في العام ٢٠٢٠." إنه توجه قوي نحو السيارة الكهربائية يلوح في الأفق...

السوق: رهان صناعي

إن الوضع بالنسبة إلى ماتيو فلونو واضح: "من الجائز القول بأن السيارة الكهربائية لم تحظ في الماضي بفرص لتثبت نفسها في السوق كما هو الحال اليوم، لكن المجال المتاح محدود: ينبغي أن يقبل السائقون بالتكيّف مع التغيير بالنسبة إلى استعمال السيارة التقليدية، وهذا أدنى المطالب، ثم إن هناك مسألة تنظيم حركة المرور التي ينبغي تجديد قواعدها"

ورغم كل مؤهلاته، يبقى جيل العام ٢٠١٣ للصانعين رهاناً صناعياً. إن السيارات الكهربائية تتطور بشكل مذهل لكن مبيعاتها لا تزال متواضعة: أكثر بقليل من ٦ آلاف سيارة في فرنسا خلال العام ٢٠١٢، أي ٠,٣٪ من سوق السيارات. لماذا إذاً نتصور أنها ستصل إلى ٢٠٠,٠٠٠ سيارة في العام ٢٠٢٠ (بحسب المفوضية العامة للتنمية المستدامة)؟ الجواب هنا تقني مرة أخرى. تكفي زيارة مختبرات الأبحاث والتنمية لملاحظة أن التطورات التي يرتكز عليها نضوج الصناعة لازال في بدايته. بطاريات ومحركات وأجهزة شحن، وتصميم، وتجهيزات... إن الدفع الحاسم في أساس نماذج اليوم سيغذي جيلاً ثالثاً من السيارات الكهربائية متوقع إنتاجها بين ٢٠١٧ و٢٠٢٠.

SB LIMOTIVE - BOSCH - TESLA

وهكذا، فبالنسبة إلى البطاريات، تكتسب النماذج الأولى لخلايا (ليثيوم-أيون) كثافة طاقيّة متزايدة: لقد تم تقديم في الفترة الأخيرة تقديم أجهزة (لدى باناسونيك Panasonic) قادرة على الوصول إلى ٢٥٠ واط ساعة\كلغ، وحتى إلى ٤٠٠ واط ساعة\كلغ (لدى إنفيا سيستيمز Envia Systems)، وهذا مقابل ١٢٠ واط ساعة\كلغ كأفضل حد تم بلوغه اليوم. والملاحظ، مع بطارية تزن ٢٠٠ كلغ، قد يصل إذاً جيل السيارات الكهربائية المقبل، بعد ٥ سنوات، إلى استقلالية تبلغ ٥٠٠ كلم.

وتأتي بعد ذلك تقنية "الليثيوم – هواء" الواعدة التي من المتوقع أن تحل محل التقنية السابقة، وستسمح بتسجيل تقدم مذهل في موضوع الكثافة الكتلية. على الورق، نجد أن تفاعل أيونات الليثيوم مع الأكسجين الموجود في الهواء يقدم كثافة طاقة مذهلة: حتى ٢٠٠٠ واط\ساعة كلغ! إنها قيمة قياسية تعود إلى كون الهواء الخفيف والمستمد من الخارج في الوقت نفسه يحل على مستوى القطب السالب مكان الأكسيد المعدني لبطاريات الليثيوم أيون الذي يكون ثقيل الوزن ومتوفراً بكمية محدودة على سطح القطب الكهربائي. عملياً، يتعين على كثافة خلايا الليثيوم-هواء أن ترتفع من ٥٠٠ واط ساعة\كلغ في العام ٢٠٢٠ إلى أكثر من ٨٠٠ واط ساعة\كلغ من الآن إلى العام ٢٠٣٠. وهكذا ستسمح بطارية تزن ٢٠٠ كلغ باجتياز أكثر من ألف كلم بين عمليتي إعادة شحن، مما يتوافق مع استقلالية نموذج يعمل حالياً على الديزل!

رغماً عن ذلك، تظل بعض المشاكل قائمة تنتظر الحل قبل دخول السوق. يشرح هذا الوضع وينفريد ويلكي Winfried Wilcke، مدير مشروع بطارية الليثيوم-الهواء في مركز أبحاث "ألمادن، آ.ب.م." Almaden. IBM في كاليفورنيا، قائلاً: "هدفنا الأساسي هو إيجاد المهابط والكهارل (الإلكتروليت) للقضاء على التفاعلات الثانوية التي حتى لو كانت بكميّات صغيرة فإنها تفسد البطارية."

> **بطاريات ليثيوم-الهواء قد تقدم غداً ٢٠٠٠ واط ساعة\كلغ!**

ينبغي أيضاً تصفية الهواء المسفوط بقوة كبيرة، لأن آثار الرطوبة تؤثر سلبا على البطارية وتتسبب في تفاعل عنيف إذا ما اتصلت جزيئات الماء بالليثيوم. وقد صرح الباحث في شركة "آ.ب.م." وينفريد ويلكي قائلاً: "علينا التوصل إلى نموذج تجريبي في المختبر قبل نهاية ٢٠١٣ وذلك لإطلاق السيارة في الأسواق بين العامين ٢٠٢٠ و٢٠٣٠."

من جيل إلى آخر: مكونات

البطاريات

الجيل الأول

تحد تقنية النيكل كادميوم من الاستقلالية عند ٨٠ كلم رغم ضخامة الوزن (٣٠٠ كلغ).

الجيل الثاني

تسمح تقنية الليثيوم أيون، التي تم تطويرها في صناعة الأجهزة المحمولة باستقلالية تفوق الـ ١٥٠ كلم.

الجيل الثالث

إن السيارات الكهربائية ستحاكي بقوتها النماذج الحرارية: تسمح لها تقنية الليثيوم الهواء باجتياز ٦٠٠ كلم مع ١٠٠ كلغ من البطاريات فقط!.

المحركات

الجيل الأول

المحركات التي تعمل بالتيار المستمر، هي ثقيلة (٨٠ كلغ) وغير قوية (٣٠ حصاناً) لكنها مفضلة.

الجيل الثاني

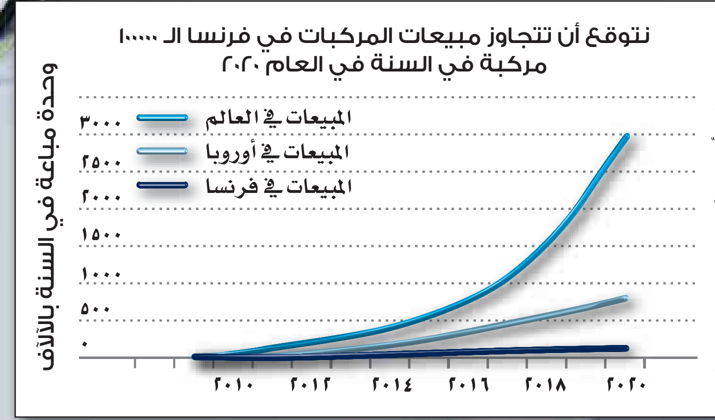
المحركات التي تعمل بالتيار المتردد تفرض نفسها. لا تزال ثقيلة الوزن (١٠٠ كلغ) لكنها أيضاً أقوى (٧٠ حصاناً).

الجيل الثالث

إن التقدم في المواد ساهم في جعل المحركات أصغر حجماً فيتم وضعها في العجلات، وبذلك يؤمن كل واحد منها ٤٠ حصاناً مع وزن لا يتجاوز ١٠ كلغ.

الجيل الأول

(منتصف التسعينيّات)



مصدر المعطيات: أديم Ademe، مجموعة رينو Groupe Renault، ج.د بوير JD Power، تزيرفي Xerfi، بولك Polk، رولان بيرجي Roland Berger، بايك ريسورش Pike Research، فروستّ و سوليفان Frost & Sullivan.

النجاح الخمسة

أجهزة الشحن

الجيل الأول

أجهزة الشحن السريع نادرة. والشحن بواسطة قابس عادي يدوم ساعات عديدة.

الجيل الثاني

عممت المحطات وأجهزة الشحن.

الجيل الثالث

يتم الشحن من دون اتصال، بالحثّ. تؤمن الألواح الضوئية الجهدية المركزة على السطح مصدر كهرباء إضافياً.

الإلكترونيات

الجيل الأول

صندوق كبير يوزع الكهرباء ويردّ المحوّل تيار الشبكة إلى تيار مستمر للشحن.

الجيل الثاني

جُمع الشاحن والعاكس وأصبحا أصغر حجماً. يقبل الشاحن المركز في المركبة تيارات قوية (شحن سريع).

الجيل الثالث

تصبح إلكترونيات القوة صغيرة للغاية إلى حد أنها تتصل مباشرة بالمحركات.

التجهيزات

الجيل الأول

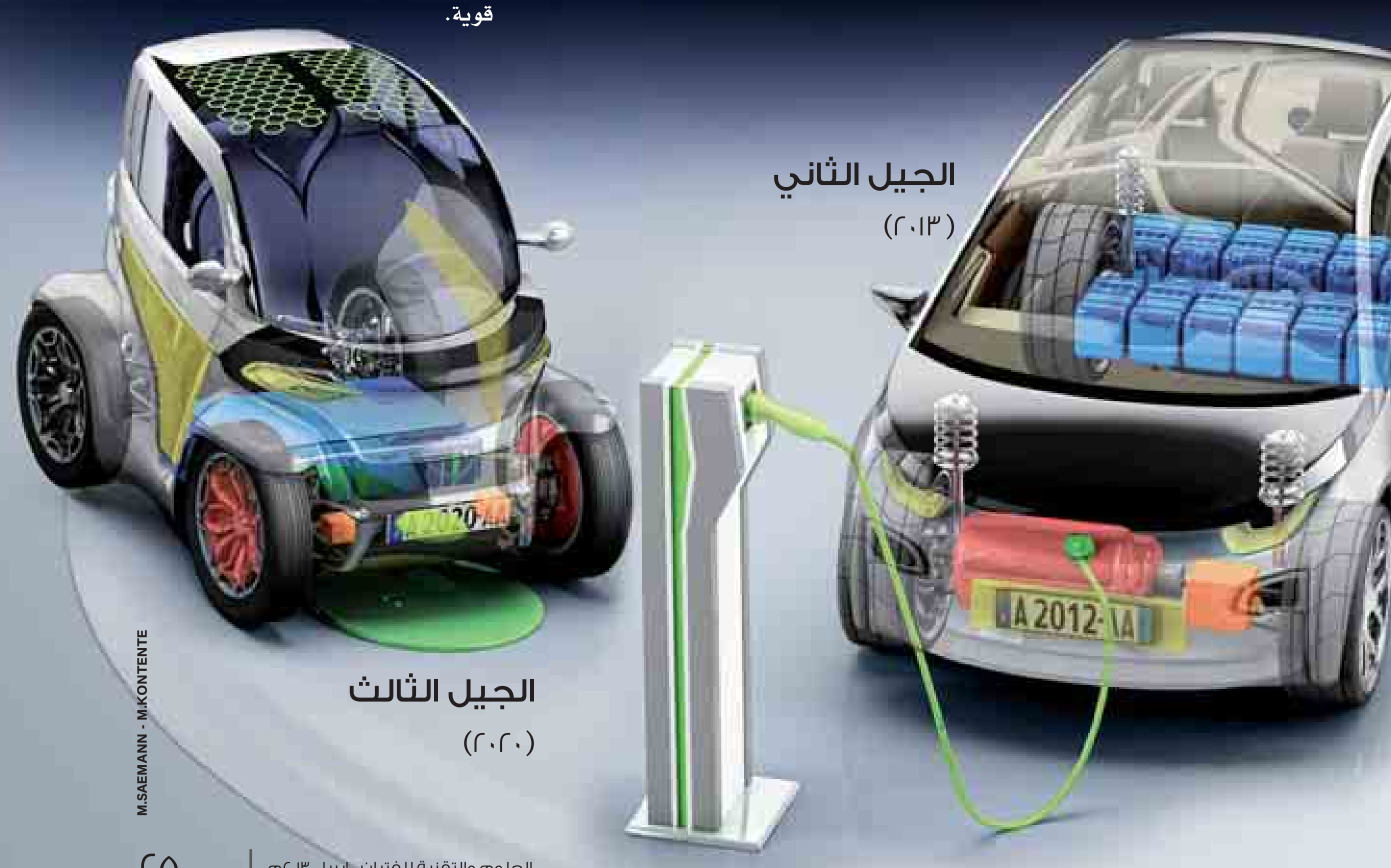
يحتاج نظام التدفئة إلى غلاّية تعمل على الوقود لتوفير البطاريات.

الجيل الثاني

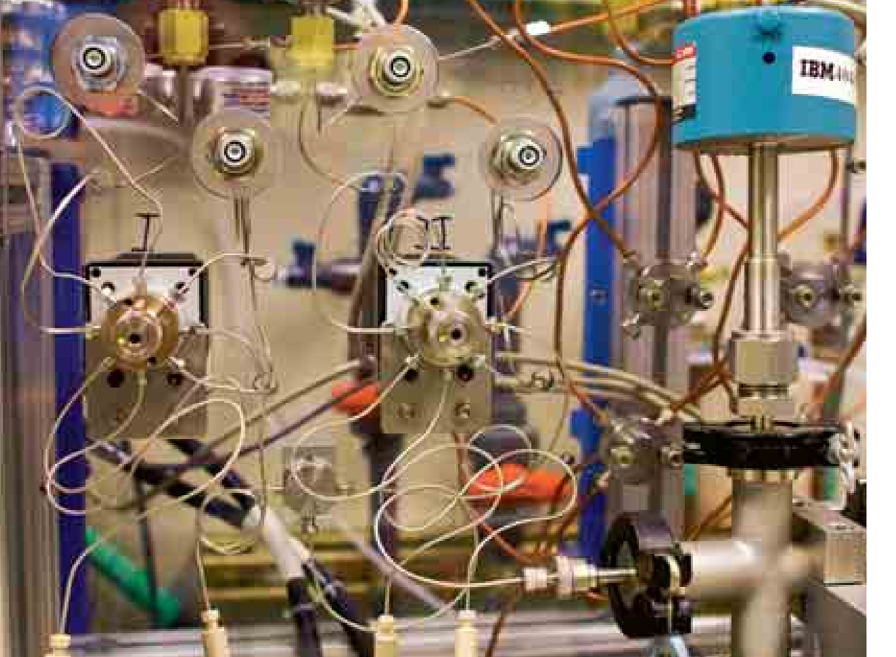
مكيّف قابل للانعكاس، اقتصادي للغاية، يؤمن التدفئة والتكييف. يخفف الصمام الثنائي الباعث للضوء "لاد" LED داخل المصابيح الكهرباء التي تستهلكها الإضاءة.

الجيل الثالث

ألواح مشعة تدفئ الأماكن كلها. والمصابيح مجهزة بصمامات ليزر ثنائية قوية.



M.SAEMANN - M.KONTENTE



← بالنسبة إلى إعادة الشحن فإن الأمر صار واضحا. فبنية الطاقة التحتية واسعة بما يكفي لتحمل الزيادة في الطلب الكهربائي: بناءً على تقديرات حكومية متفائلة للغاية هناك توقع لمليوني مركبة كهربائية في العام ٢٠٢٠. سيتطلب ذلك كحد أقصى ٣,٦ كيلوواط ساعة سنوياً، أي بالكاد ٠,٧٪ من الاستهلاك السنوي للكهرباء بحسب تقدير شبكة نقل الكهرباء الفرنسية (RTE). وستكون الشبكة جاهزة: في حال شُبكت السيارات كلها في الوقت نفسه، تصبح القوة المطلوبة بالنسبة إلى الشحن البطيء في البيوت ٧,٤قيقاواط (قيقاواط يساوي ألف مليون واط)، مما يمثّل أقل من ٦٪ من القوة الحالية المتوفرة على الصعيد القومي (الفرنسي). إلا أنه بحسب وكالة البيئة والتحكم بالطاقة (Ademe)، "في أفق ٢٠٢٠، ونظراً لارتفاع الاستهلاك الشامل وتنمية الطاقة المتجددة، من المتوقع أن نحصل على قدرات خالية من الكربون في الفترة الليلية قد تصل إلى ٨قيقاواط. "مما سيسمح بإعادة شحن أكثر من مليوني مركبة بين منتصف الليل والسابعة صباحاً من دون زيادة في قدرات الإنتاج!

ومن المتوقع أن تنبثق أيضاً تقنية شحن أخرى قبل العام ٢٠٢٠: الحث الكهربائي المغناطيسي. سينتهي زمن الكابلات، وسنشحن البطارية من دون اتصال عندما تكون مقدمة المركبة بمحاذاة صندوق موضوع على الأرض وموصولاً بشبكة كهربائية. هناك دراسة للكثير من الحلول اليوم، لأن الحثّ جهاز شحن آمن، ومريح... وفعال: يسمح بالتوصل إلى قوة ٢٠ كيلوواطاً. ويفكر بعضهم في زرع بكرات على الطريق تشحن المركبة أثناء سيرها! اختصر ريتشارد ساسون Richard Sassoon مشروع المناخ والطاقة في ستانفورد (Stanford) حيث صمم نظاماً بالحث يؤمّن ١٠ كيلوواط على مسافة مترين، ويعمل مع سيارات متحركة، قائلاً: "يمكنكم أن تقودوا مسافة لامتناهية من الكيلومترات من دون إعادة شحن".

> انتهى زمن الكابلات: سنشحن قريباً بالحث الكهربائي وحتى أثناء القيادة...

الأسعار: ستكون تنافسيّة قريباً

تتطور المحركات أيضاً بوتيرة متسارعة حيث يقدر كريستوف اسبانيه Christophe Espanet، من مختبر "فيمتو" (Femto) (جامعة فرانش-كومتي Franche-Comté) أن: "المواد (مغناطيس دائم، وصفائح معدنية مغناطيسية، وعوازل بحرارة مرتفعة)، أو الهياكل أو وسائل التبريد ينبغي أن تسمح بالوصول إلى قوة تتراوح بين ٥ أو ٦ كيلوواط\كلغ بطريقة ناشطة، وهذا مقابل من ٢ إلى ٤ حالياً بالنسبة إلى أفضل الآلات." مما يدفع إلى وضع قطعة السيارة الأساسية... داخل العجلات. ويكشف بيار فارين Pierre Varenne، مدير مركز الأبحاث والتقنيات لدى شركة "ميشلان" (Michelin) أنهم "يطورون هذا النوع من الحلول منذ عشرة سنوات". والملاحظ أن القوة تختلف بحسب حجم إطار العجلة. هذه التقنية ذاتها تسمح بعرض سيارة للمدينة من ٦٠ كيلوواطاً وسيارة رياضية رباعية الدفع من ٤٠٠ كيلوواط!

وحالما يتم تركيب المحركات بالعجلات، يعاد تصميم كل الهندسة... وهكذا، يمكن إنتاج "العجلة الناشطة" (Active Wheel) من ميشلان إنتاجاً مكثفا حوالى العام ٢٠٢٠، إضافة إلى جانب المحرك، الفرامل وارتكازات كهربائية ناشطة. يقول بيار فارين في هذا السياق: "هذا يخفف من حجم المركبة ويسمح بإعادة تصميم هيكلها وهندستها بالكامل وتحسين المكوث

الابتكارات المستقبلية تحددت

يطوّر الصانعون ومختبرات الأبحاث مجموعة من التقنيات الجديدة. تسمح بوجود محركات تتسم بفاعلية أكبر موضوعة مباشرة في العجلات (في اليمين، عجلة ميشلان الفعالة Active Wheel من Michelin) وبطاريات أداؤها عال للغاية (في الصفحة المقابلة، خلايا تمزج بين الليثيوم والهواء في مرحلة الاختبار في مختبر ألمادن (Almaden) (التابع لـ IBM)) تسمح ابتداء من العام ٢٠٢٠، بتجاوز ٣٠٠ إلى ٥٠٠ كلم من الاستقلالية. وتتصور BMW منذ الآن تجهيزات محددة (أدناه) مزودة بصمامات ثنائية على الليزر لا يتعدى حجمها الـ ١٠ ميكروميتر (واحد ميكروميتر يعادل واحد على المليون من المتر).

IBM - MICHELIN - BMW



فيهـا." إن وجـود المحـرك في العجـلات وغيـاب الرابـط الميكانيكـي يدفعـان إلى تصـوّر السـيارة القابلة للثني مثل سيارة هيريكو (Hiriko) الصغيرة التي طورها معهد ماساتشوسـتس للتقنية (MIT) في الولايات الامريكية المتحدة.

وهكـذا يمكـن تحسـين كل الهندسـة الكهربائية. ففي هذا السياق يكشف باتريك سـيغا Patrick Sega الـذي يدير مشـاريع البحـث والتطـور المستعرضـة عنـد فاليـو Valeo: "نحـن نطـوّر عاكسـات كهربائية ووسـائل شـحن قـادرة علـى تأمـين عملية شـحن بطيئة أو سـريعة مدمجـة في هيكل (crankcase) المحـرك. وهـي عملية دمج سـتمكّن من خفيض أسعار الإنتاج والحجم الإجمالي لما له صـلة بالإلكترونيات". ومن ثمّ سـتزوَّد السيارة بصـندوقين، أو بداخل أوسـع من دون الاضطرار إلى توسيع قاعدة العجـلات. وهذا من دون أن ننسـى التقدم في المـواد. لقـد أطلقت "بـي إم دبليو آي٣" (BMW) بالاشـتراك مـع "إس.جـي.إل كاربـون" (SGL Carbon) الإنتـاج علـى الصـعيد الصـناعي لأليـاف الكربون أكثر مقاومـة وأخـف وزناً مـن الفولاذ، يسـمح اسـتعمالها لسـيارة "بـي إم دبليـو آي٣" BMW i3 بـألا يتعـدى وزنهـا ١٢٥٠ كلـغ مقابـل ١٨٠٠ كلـغ لـ "بـي إم دبليـو أكتيف إي" (BMW ActiveE) المـزودة بالمحرك نفسه!

وبالنسـبة إلى أسـاليب الراحـة؟ هنا أيضـاً خطرت للمهندسـين بعض الأفكار. وهكـذا ابتكـر صـانع المعـدات اليابـاني "دينسو" Denso نظاماً يقتصر على تهوية المقاعـد المشـغولة بدلاً مـن كل السـيارة: يؤكد أكيـو شـيكامورا Akio Shikamura الذي يشـرف علـى هـذه الدراسـات أنه: "عندما يكون السـائق وحده في السـيارة فهـو يوفر في نظـام التكييف حتى ٢٠٪ من الطاقـة". أمـا بالنسـبة إلى التدفئة، فقد طـورت "بـي إم دبليـو" (BMW) ألواحاً بالأشـعة تحـت الحمـراء، ويشـرح ذلـك الصـانع بالقـول: "يحصـل كل راكب على تدفئتـه الخاصـة، لم نعـد ندفـئ المقاعد غير المشـغولة مما يجنب الهدر والضجـة والتيـارات الهوائيـة". ستسـمح تطـورات جذريـة في حقـل الإضـاءة أيضـاً بتوفـير

الـوزن والطاقـة بفضـل صـمامات ثنائية انبعاثية: يشـير باتريك سـيغا، الموظف في مؤسسة "فاليو" (Valeo) إلى أن الإضاءة تعمـل بالصـمام الثنائـي الباعث للضـوء (Light-Emitting Diode) بنسـبة ١٠٠٪ : "تتطلـب طاقـة أقـل بمرتـين من الإضـاءة بالزينون وأقل بخمس مرات من الهالوجين مع الحصـول على ضـوء أقرب من الضوء الطبيعي وباشتعال أسرع".

والأجمـل مـن ذلك: في العـام ٢٠٢٠، سـتجهز النمـاذج الفاخـرة بصـمامات ثنائية من الليزر تسمح بتلبية كل الرغبات فيمـا يتعلـق بالتصـميم بفضـل حجمها الصـغير (١٠ ميكرومـترات للقطعـة الواحـدة). وسيسـمح التقـدم في مجـال الألواح الشمسـية بـ"إطالة الاسـتقلالية: تقـدم ألواحـاً مركزة على السـطح طاقة يومية مجانية تصـل حتـى ١,٥ كيلوواط ساعة" كما يقولون في مؤسسة "فاليو".

وهكـذا يبدو أن هناك تحـركاً في جميع الاتجاهـات... سـيما أن كل هـذا التقـدم يرافقه انخفاض في الأسـعار يرتبط بزيادة معـدل الإنتـاج والتحكم في التقنيات المسـتعملة. مـن المتوقع، في العام ٢٠٢٠، أن يبلغ ثمن الكيلوواط السـاعة للبطارية أقل من ٢٠٠ يورو (ما يعـادل ١٠٠٠ ريال سـعودي) مقابـل ٥٠٠ يورو (ما يعـادل ٢٥٠٠ ريال سعودي) اليوم. إلا أن وكالة الطاقة الدولية تقدر ذلك بـ ٢٥٠ يورو (ما يعادل ١٢٥٠ ريال سـعودي)، وهو "السـعر الذي تصـبح فيه المركبات الكهربائيـة منافسـة للمركبـات المجهـزة بمحرك احـتراق داخلي." وأعلنـت شـركة "رينـو" أن ثمـن مركباتهـا الكهربائية سـيعادل ثمن مثيلاتها من المركبات الحرارية في العام ٢٠١٦ (من دون الإشـارة إلى المساعدات الضرائبية). مع الجيل الثالث، ستصبح كلفة النماذج ←

١

التقييم البيئي كان - على مايبدو - مبالغا فيه

يتميـز اسـتعمال السـيارة الكهربائيـة على صـعيد واسـع بعدم انبعاث ثاني اكسـيد الكربون والملوّثات. لكن وسـائل إنتاج السـيارة في حد ذاتها -وكذا وسـائل إنتاج الكهرباء التي تزودها بالطاقـة- تبقـى غالباً ملوثة. وبالتالي فإن اسـتخراج الليثيوم المسـتخدم في البطاريـات (مـن ٣ إلى ٥ كلـغ لـكل سـيارة) مازال يطرح تساؤلات في المناطق المنتجة (خاصة في أميركا الجنوبية) حيث يلوّث مثلاً حقول المياه الجوفية.

تتسـبب معالجـة المعـادن الأرضيـة النـادرة (يُسـتعمل النيوديميـوم Neodymium في المغناطيس الدائم) بالكثير من المشـاكل البيئية (خاصة في الصـين، البلد المُصدّر الأول) بسـبب اسـتعمال المواد السـامة الكبيرة والمواد المشعة أيضاً. أما بالنسـبة إلى التـزود بالكهرباء، يعتمد تقييم السـيارة الكهربائية البيئي الطبيعي بقوة على بلد الاسـتعمال. بالتالي فإن سـيارة شـحنت بكهرباء مصـدرها محطة نووية كما هو الحال غالباً في فرنسا، تصـدر كمعـدل ١غ\كلم من معادل ثـاني أكسـيد الكربون. لكن المعدل يصـبح ١٥٠ مرة أكثر إن زودت تلك السيارة بالطاقة من محطـة تسـتخدم الفحم الحجـري، أي معدل أعلـى من المعدل الحـالي لانبعـاث ثاني أكسـيد الكربـون للسـيارات الحرارية في فرنسا!

هذا التقرير يطرح إشكالية في بلدان مثل الصين التي تؤمن محطـات تسـتخدم الفحـم الحجـري ٧٠٪ مـن إنتـاج الكهرباء، والتي تتوقع في العام ٢٠٢٠ سـاحة تضـم ٥ ملايين مركبة قابلة للشـحن! فحتى تصبح السـيارة الكهربائية في المسـتقبل سيارة بيئيـة فعلاً، يتعين أن تُجرى تعديـلات جذرية على الكثير من القطاعات الصناعية.

نحو جيل ثالث بدءًا من العام ٢٠٢٠

صغيرة وخفيفة ومناسبة للمدينة (أكثر من ٦٠٪ من سكان العالم سيعيشون في المدينة بعد ٢٠ سنة): تلك هي مواصفات سيارات الغد. إنها نعمة الطرازات الكهربائية التي يتوقع إطلاق جيلها الثالث في العام ٢٠٢٠. من المنتظر أن تستمد إلهامها مباشرة من النماذج المعروضة اليوم، مثل الـ "بيجو بي.بي.١" (٤) Peugeot BB1، وأيضاً من النماذج الصغيرة المتسمة بتصميم وهندسة ثوريتين: "تويوتا فان في" (٥) Toyota Fun-Vii، "جنرال موتورز إي أن ف" (١) GM EN-V، "فولكس فاجن نيلز" (٢) Volkswagen Nils، أو "أودي يوربان كونسيبت" (٣) Audi Urban Concept. ستكون قيادتها آلية أكثر فأكثر، وتتوقف بشكل عمودي على الرصيف وتشحن نفسها بنفسها.



← الكهربائيـة معقولة ومعادلة لكلفة المركبات المـزودة بمحـرك حـراري، وسـتكون عندئـذ هندسة إعادة الشحن قد حظيت بالوقت الكافي لتتركـز، وتكون اسـتقلاليتها قد سـجلت قفزة نوعيّـة. كما أن تصـميمها سـيكون أكـثر تنوعاً وأساليب الراحة فيها لا تضاهى. وستتوفر فيها كل المميزات لتغزو عالم السيارات... لكن ابتداء مـن هـذه السـنة ٢٠١٣، نحن نشـهد مع الجيل الثاني الذي يصـل، منـذ الآن شـرارات الثورة الكهربائية الأولى التي لا مناص منها.

(1) Voiture Électrique: Voici LA Deuxième Génération, Science & Vie 1144, pp 90-103
(2) Brice Perrin

مركب شراعي لاستكشاف الفضاء[1]

ماذا لو كان المركب الشراعيّ أفضل طريقة للتنقّل في الفضاء؟ بأيّ حال، إنّ نجاح الرحلة اليابانية إكاروس (Ikaros) يثبت أنه بات بالإمكان استكشاف نظامنا الشمسي بواسطة مراكب ورقية عاملة على الضوء.

بقلم: جوديث بريغمان و سيرج لاتيير[2]

تلقّى مركز تانيغاشيما (Tanegashima) الياباني في الثامن من سبتمبر الماضي في أقصى جنوب أرخبيل اليابان رسالة من الفضاء وقد كان العلماء في جاكسا (Jaxa) - مرادف لوكالة ناسا (NASA) في اليابان - ينتظرونها منذ شهور وقد عمّ الفرح أخيراً في غرفة التحكم. ما زال إكاروس (Ikaros) الصغير حياً.

إكاروس (Ikaros)؟ لا شكّ أنه أغرب مركبة فضائية صُمّمت. شراع يمتدّ على مئتي متر مربع ويدفعه الضوء في الفضاء. منذ نهاية العام ٢٠١١م، بقي إكاروس (Ikaros) صامتاً صمتاً يائساً ولسبب ما. كان في وضع غير مناسب بالنسبة إلى الشمس ولذا لم يكن يتمتع بطاقة كافية. كانت ألواحه الشمسية عاجزة عن توفير ما يكفي من الكهرباء ليبعث إلى الأرض وعن بعد ملايين الكيلومترات بالرسالة المرجوّة منذ زمن: "أنا بصحة جيدة وأعمل بشكل ممتاز". بقي العلماء اليابانيون يتحلون بالأمل. فقد كانت فترة السبات الطويلة هذه متوقّعة. لكن لو تُرك الأمر له وأُبقي خارج سيطرة البشر، لكان انجرف إكاروس (Ikaros) في الفضاء وضاع في امتداد النظام الشمسي. لكن لحسن

DIDIER FLORENTZ POUR SVJ



الحظ أنّ قوانين الميكانيكا الفضائية سادت وتمكّن العلماء من تقدير مساره والاستماع إليه. ما إن وُجِّه إكاروس (Ikaros) جيداً باتجاه الشمس، استجمع ما يكفي من الطاقة ليبعث برسالة إلى الأرض. هكذا، تمكّن الفريق المتواجد على الأرض من استعادة السيطرة على إكاروس (Ikaros). كان هذا آخر اختبار يجب النجاح فيه: إثبات أننا قادرون على إرسال مركب شراعي شمسي لاستكشاف كوكب بعيد بدون أن يتوه منا في طريقه، ولا سيما الإثبات بشكل قاطع وبعد عقود عدة من المحاولات الفاشلة أنّ إرسال مسبار فضائي بالطاقة الضوئية قابل كلياً للحياة.

طاقة مثالية لصيد المذنّبات

ولدت هذه الفكرة فعلياً في السبعينيات. تصوّر مهندسو ناسا الأمريكية (NASA) آنذاك شراعاً شمسياً يلاقي المذنب هالي (Halley). بدا هذا المبدأ سهلاً على الورق. فقد وجب استخدام مليارات الفوتونات التي يولّدها كوكبنا في كل ثانية كمصدر طاقة لدفع شراع في الفضاء. حين ترتطم هذه الجسيمات عادةً بسطح الشراع، تنقل إليه جزءاً من طاقتها. هذا ما نسميه ضغط الإشعاع. إنه ضغط وحدويّ صغير لكن عند تكرّره مليارات ومليارات المرات، يشكّل نفَساً منتظماً قادراً على دفع سفينة فضائية كما تدفع الريح تقريباً المركب الشراعي في البحر. الفائدة؟ لا تعود السفينة بحاجة إلى حمل أطنان وقود بما أنها تجد طاقتها

دورة حول الأرض ست مرات خلال ساعة!

إضاءة

(اللفظة الأوائلية إكاروس "Ikaros" أو إنتربلانتري كايت كرافت أكسلرايتد باي رادياشن أوف ذا سان، أي المركبة الشراعية لاستكشاف الكواكب المتسارعة بأشعة الشمس) مستوحاة من بطل الأسطورة الإغريقية إكاروس الذي احترق جناحاه لأنه اقترب كثيراً من الشمس.



من حولها على غرار الكون. إضافة إلى أن السرعة التي تسيِّر الأشعة بها المركبة الفضائية تراكميّة، ما يعني أنها تزيد باستمرار. أجل، ليس في الفضاء سوى فراغ. لا وجود البتة لأيّ جزيء هواء للحدّ من سرعة مركبة مثل إكاروس (Ikaros) التي تستطيع أن تبلغ خلال ٣ سنين من الدفع المستمرّ بواسطة الفوتونات سرعة خيالية تبلغ ٢٤٠ ألف كلم في الساعة. يوازي هذا الرقم سرعة الدوران حول الأرض ست مرات خلال ساعة. بهذه السرعة، يمكننا بلوغ بلوتو (Pluto)، أبعد كوكب عن الأرض في نظامنا الشمسي، في أقل من ٥ سنين. هذا مثير للإعجاب، لا سيما حين نعرف أنّ المركبة الفضائية نيو هورايزنس (New Horizons) التي أطلقتها ناسا (NASA) عام ٢٠٠٦م ستستغرق ضعف هذه الفترة الزمنية لبلوغ هذا الكوكب القزم في يوليو ٢٠١٥م إن سار كل شيء على ما يرام. كذلك، نفهم بشكل أفضل لماذا بدا الدفع الضوئيّ في السبعينيات الميلادية أفضل وسيلة للذهاب لإلقاء نظرة على المذنب هالي (Halley). لكنّ هذا المشروع لم ير النور قط نظراً لغياب التمويل.

لكن بعد عشرين سنة، عدنا للتكلم عن الأشرعة الفضائية. فقد بدأنا في التسعينيات الميلادية من القرن الماضي بالقلق بشأن تراكم الأقمار الاصطناعية الموضوعة خارج الخدمة على مقربة من الأرض. تزيد هذه البقايا تلوّث الفضاء أكثر فأكثر إذ تهدد الأقمار الاصطناعية الحديثة المشتعلة التي نرسلها بانتظام لتتخذ مدارها. اصطدام واحد يكفي لهدر ملايين الدولارات فجأة. ليس هذا مقبولاً. في ظل غياب طرق تتبّع هذه البقايا الهائلة العائمة، يريد العلماء على الأقل تفادي تراكمها. ولمَ لا يحدث هذا من خلال تزويد الأقمار الاصطناعية الحديثة بشراع يشبه المظلات التي تحدّ من سرعة الطائرات المقاتلة عند هبوطها؟ سيتيح نظام مماثل إرسال الأقمار الاصطناعية في نهاية عمرها إلى غلاف الأرض الجوي. لا يستغرق هذا سوى بضعة شهور، بدل انتظار سقوطها بشكل طبيعي بعد مرور قرن. ما إن تصبح في الغلاف الجوي، يتمّ إتلاف الأقمار الاصطناعية إتلافاً ملائماً حين تستهلك ذاتها. لكن هذه الفكرة الجذابة لن تطبّق. لا تبدو مشكلة النفايات الفضائية مهمة لإنفاق الأموال على تقنية جديدة وخطرة. لكن ستجرى دراسات نظرية تتناول بالأخص نشر الأشرعة. لم تكن هذه الأبحاث فاشلة بالنسبة إلى الجميع. فقد استوحى منها اليابانيون حين قرروا إطلاق مشروعهم إكاروس (Ikaros) في بداية الألفية الثانية. لكن بقي عليهم حلّ بعض المشاكل لأنّ الأمر لا يقتصر على إرسال شراع بسيط إلى الفضاء وإنما تصميم مسبر فضائي يتحرك بواسطة الضوء ويقدر على القيام برحلات استكشافية. المعضلة الأولى: صنع شراع شمسي. يجب إيجاد مادة تتيح صنع غشاء بمنتهى الخفة والمتانة؛ ليكون متراصاً في مرحلة الإطلاق وكذلك شديد المقاومة؛ لئلا يتمزّق منذ المحاولة الأولى لفتحه في الفضاء.

شراع يتفتح كزهرة

اختار المهندسون اليابانيون أخيراً مادة البولي أميد وهو عبارة عن نايلون عالي التقنية يستخدم بالأخص في العزل الحراري للأقمار الاصطناعية. تمكنوا من صنع قماشة بطول ١٤ متراً لا تزن سوى ١٥ كلغ لأنها بالغة الرقّة. ٧,٥ آلاف جزء من المليمتر. لم يبق سوى إيجاد طريقة لفتح هذا الشراع بدون مواجهة مشاكل ميكانيكية كثيرة مثل تمزّقه مع الحرص على هدر أقلّ قدر ممكن من الطاقة. لتحقيق هذا، أخذ اليابانيون بعين الاعتبار تقنية طوّرها الروس عام ١٩٩٣م، وترتكز على القوة الطاردة. فقد أتاحت لهؤلاء بالأخص وضع مرآة شمسية كبيرة في المدار وهي زناميا (Znamya). اعتمد مهندسو جاكسا (Jaxa) هذه الفكرة في ما يتعلّق بإكاروس (Ikaros) وثبّتوا ببساطة أوزاناً صغيرة عند زوايا الشراع الأربع. وعند دوران المركبة حول ذاتها بسرعة منخفضة، يمكن أن يُفتح الشراع برويّة بدون التعرّض لخطر التمزّق (راجع



طريقة استعمال الشراع الشمسي

كيف يمكن بسط غشاء سماكته ٠,٠٠٧٥ ملم وطول خطه القطريّ ٢٠ متراً بدون تمزيقه مع الحرص على هدر أقلّ قدر ممكن من الطاقة؟ من خلال توفير أوزان عند زوايا الشراع الأربع. (١) أولاً، نوفّر لـ"إكاروس" (Ikaros) دوراناً سريعاً بواسطة نفخات غاز (٢) للتخلص من الأوزان. حين يُبسط الشراع جزئياً ويزيد خطر تمزّقه، نتروّى. عندئذ (٣) تبدأ القوة الطاردة بالعمل بفضل الأوزان التي تثبّت الزوايا الأربع. لا يكلّف هذا الأمر أدنى قدر من الطاقة. أخيراً، (٤) يتمّ إرخاء المثبّتات التي تثبّت الشراع وتتيح تمدّده ببطء.

(٥) يتمّ توفير دفع الانطلاق؟ بواسطة محرّك أيونيّ تغذّيه بالكهرباء خلايا شمسية سماكتها ٢٥ ميكرومتراً ومنتشرة على سطح الشراع بشكل شرائط طويلة. (٦) في حالة استخدام وقود خفيف مثل الزينون فإن الحقول الكهربائية تقوم بتوليد قوة تسارع للأيونات بالإتجاه المعاكس وتستخدم لدفع المركبة مكملة القوة التي تولدها أشعة الشمس، ما يحدّ من وزن الجهاز الإجمالي. تُسرِّع الحقول الكهربائية ذرّات الزينون المشحونة كهربائياً. حيث تولّد قوة تسارع الأيونات هذه قوّة تفاعل بالاتجاه المعاكس وتستخدم لدفع المركبة، مكمّلة القوة التي تولّدها أشعة الشمس.

إطلاق إكاروس في الفضاء Ikaros

إكاروس

بسط الشراع

١ الإدارة

المثبّتة

٢ التخلص من الأثقال

الأثقال

٣ تمديد زوايا الشراع

٤ دوران بواسطة القوة الطاردة وحدها

٥ فتح المثبّتات

الشراع مثنى بشكل طبقات

المثبّتة

٦ ينبسط الشراع برويّة

حزم بلورات سائلة

محرك أيوني

خلايا شمسية

الأوزان التي تجعل بدورانها الشراع يتمدد

مادة من نيلون تعكس النور

١٤ متراً

انقروا على يوتيوب «جاكسا تشانل إكاروس Ikaros» لمشاهدة الفيديو الممتاز الذي نشرته وكالة الفضاء اليابانية (الرابط المباشر على **svjlesite.fr**)

AURÉLIE BORDENAVE POUR SVJ



DR

اختبر الروس في التسعينيات الميلادية من القرن الماضي زناميا (Znamya) وهي مرآة شمسية هدفها إنارة مناطق من الأرض لا تتلقى سوى كميات ضوء قليلة.

الرسم أعلاه).

في ٩ أغسطس ٢٠٠٤م، وبعد سنين من الاختبارات على الأرض، نجحت جاكسا (Jaxa) في إجراء أول فتح فعليّ لشراع شمسيّ في الفضاء. فقد أطلقت مركبة جميلة بشكل زهرة من مركز أوشينورا (Uchinoura) الفضائي جنوب الأرخبيل الياباني. شكّل الأمر إثباتاً مهماً: فجأة لم يعد إرسال شراع شمسيّ متحرك في الكون الواسع حلماً بعيداً عن متناول التقنية.

لكن لصنع مركبة فعلية قادرة على استكشاف النظام الشمسي، بقيت صعوبتان كبيرتان أخيرتان تستدعيان التخطّي. أولهما تزويد المركبة بمحرك إضافي قادر على توفير دفع لها يكمّل دفع الفوتونات لأنّ دفع هذه الأخيرة ضعيف جداً. فعلى بعد ١٤٩ مليون كلم، المسافة الفاصلة بين الشمس والأرض، من نقطة إنتاجها، تعادل القوة التي تولّدها فوتونات الضوء هذه على سطح ملعب كرة قدم مثلاً قوة دفع ورقة مالية تزن ٢٠ غراماً.

الموجّه مذهل

خلال سنين قليلة، صمّم فريق إكاروس (Ikaros) محركاً أيونياً ملتحماً بالجزء الأوسط من الشراع. ميزة هذا المحرك؟ إنه قادر على إحداث تسارع بدرجة كبيرة في الجسيمات التي تحمل شحنة كهربائية (وتسمى أيضاً الأيونات من مصدر اسمها)، ما

إضاءة

يجدر بالمرآة الشمسية زناميا (Znamya) أن تتيح عكس نور الشمس على الأرض لتنير المدن ليلاً. رغم نجاح الاختبار عام ١٩٩٣م، إلا أنه لم يطبّق المشروع فعلياً بعد. يجمع البلّور السائل خصائص السوائل والجوامد. يمكننا تغيير وجهتها في الفضاء من خلال تعريضها لتيار كهربائي. بحسب هذا التوجيه، تعكس النور بطريقة مختلفة.

يتيح لها توليد دفع كبير جداً رغم استخدام جزء بسيط جداً من الكهرباء. توفر هذه الكهرباء خلايا شمسية (كتلك التي نجدها على أيّ لوح ضوئيّ) بحيث تـزوّد أيضاً المعدّات على المركبة بالطاقة وكذلك أجهزة الاتصال واللواقط الشمسية وأجهزة قياس أخرى على متن إكاروس (Ikaros). هذا كلـه مع الحفاظ على وزن خفيف جداً. لا يتجاوز وزن المركبة الـ٣١٠ كلغ بما في ذلك الشراع.

أكبر تحد يجب مواجهته: جعل المركب قابلاً للقيادة كي يمكن توجيهه عن بعد إلى حيث نريد. كيف؟ توصّل المهندسون اليابانيون إلى فكرة تحويل شراعهم إلى موجّه. المبدأ بسيط: يكفي دفع مربع البولي أميد بقوة أكبر من جانب واحد كي يدور حول ذاته تماماً مثل شراع مركب شراعي حين نشدّ حباله لتوجيهه ولتعريضه أكثر أو أقلّ للريح. ترسل حزم بلورات سائلة واقعة على طول جوانب الشراع الأربعة فعلياً فوتونات أكثر أو أقلّ بحسب كمية الكهرباء التي تعبرها. من خلال تغيير الدفع بهذه الطريقة على حافات الشراع، يمكننا توجيهه بسهولة ليغير مساره.

بات كل شيء جاهزاً في بداية العام ٢٠١٠م، فأرسلت وكالة الفضاء اليابانية في ٢١ مايو ٢٠١٠م مركبتها لتدور حول الأرض. بعد ٢٠ يوماً، تمّ بسط الشراع وتشغيل الألواح الضوئية. وأمكن للرحلة أن تبدأ. الوجهة كوكب الزهرة. وصل إكاروس (Ikaros) إليه في بداية ديسمبر ٢٠١٠م بعد رحلة ٧ أشهر في الفضاء بدون مصادفة أيّ مشكلة.

JAXA

نجح إكاروس (Ikaros) في بلوغ الزهرة على بعد عشرات الملايين من الكيلومترات مدفوعاً فحسب من الطاقة الضوئية.

أُعطي أمراً من الأرض بسلوك الاتجاه الصحيح ليلتقط بعض الصور للنجم برجيه (Berger). وقد نجح المركب الفضائي في فعل هذا قبل الغوص في سبات عميق. لم تعد خلاياه الضوئية صالحة لالتقاط ما يكفي من الفوتونات لتشغيل نظام الإرشاد. وحين استنزف مخزون طاقته، توقفت الأجهزة كلها فيه عن العمل واختفت المركبة عن شاشات الرادار في بداية يناير ٢٠١٢م، حتى حين استفاقته المحتفى بها في سبتمبر ٢٠١٢م.

والآن؟ بعد أن قدّم الشراع الشمسي إثباتات حاسمة، لأي مهام يخبئها له مصمموه؟ ففي العام ٢٠١٥م، سترسل جافا Java إلى الفضاء شراعاً شمسياً جديداً بطول خمسين متراً. الرهان: اجتياز مسافة أبعد من الزهرة بـ١٥ مرة لملاقاة آخيل (Achille)، وهكتور (Hector)، وبريام (Priam) وغيرها. الكويكبات الطروادية الغامضة التي تتشاطر مدار المشتري حول الشمس. موعدنا لدى انتهاء هذه الرحلة الجماعية.

*

للاستزادة

على شبكة الانترنت، معلومات عن الأشرعة الشمسية على الموقع www.u3p.net. هذا الرابط موجود على svjlesite.fr

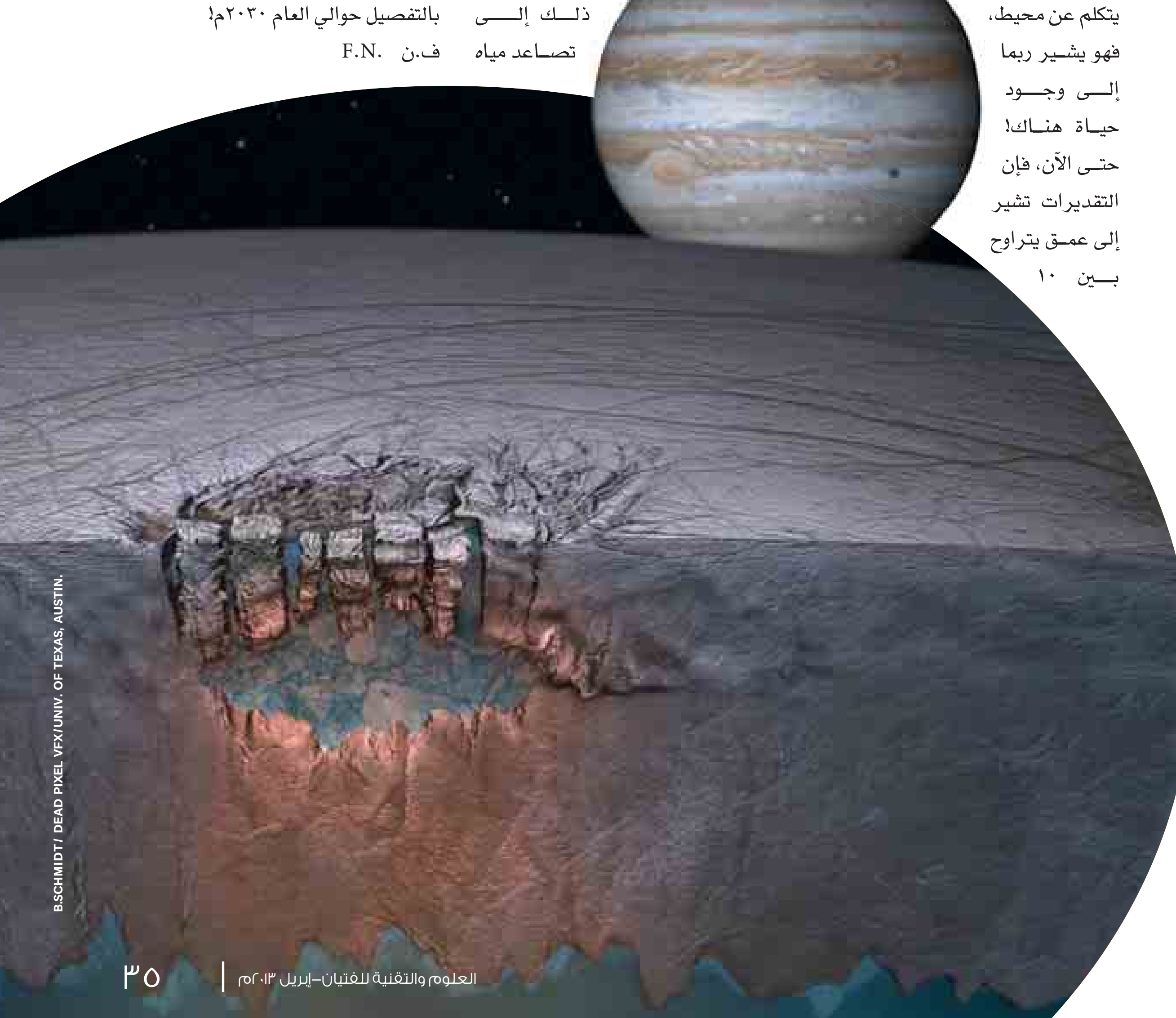
(1) UN VOILIER POUR EXPLORER L'ESPACE, Science & Vie Junior 280, pp 60-63
(2) JUDITH BREGMAN ET SERGE LATHIÈRE

يكفي أن نحطم الجليد

ثلاثة كيلومترات صغيرة... ربما كان ذلك كل ما يفصلنا عن الحياة خارج الأرض! يجري هذا على سطح "أوروبا" (Europa)، وهو قمر كبير، يدور حول المشتري، تكسوه طبقة سميكة من الجليد. "سميكة"، حسناً! لكن إلى أي مدى؟ إنها مسألة أساسية لأن الباحثين مقتنعون: ثمة محيط تحت الجليد. ومن يتكلم عن محيط، فهو يشير ربما إلى وجود حياة هناك! حتى الآن، فإن التقديرات تشير إلى عمق يتراوح بين ١٠ و١٠٠ كلم. إنه عمق كبير للغاية يحول دون القيام بأية محاولة كانت: مثل التنقيب، والمراقبة في عين المكان...

غير أن باحثين من جامعة أوستن (Austin)، في الولايات المتحدة الأميركية، اكتشفوا في بعض الأماكن أن الجليد شديد التشقق مشكّلاً بذلك تراكيب غير منتظمة. ويعود ذلك إلى تصاعد مياه ساخنة من قلب القمر فتُلَيّن الجليد من الأسفل دون الوصول إلى السطح متسبباً في تشققات وانهيارات. وهكذا يشكل الماء السائل بحيرات تحت الجليد كالتي نجدها على الأرض في عمق لا يتعدى ثلاثة كيلومترات... إنه خبر وصل في الوقت المناسب، حيث تقوم الآن وكالة الفضاء الأوروبية بضبط مهمة جوس (Juice) التي من المقرر أن تدرس القمر "أوروبا" بالتفصيل حوالي العام ٢٠٣٠م!

ف.ن. F.N.



B.SCHMIDT / DEAD PIXEL VFX/UNIV. OF TEXAS, AUSTIN.

الزهرة،
زُحل،
المريخ...

مناخها يهمنا[1]

مراقبة أجواء مناطق أخرى بهدف تعزيز فهمنا للجو هنا على الأرض: تلك هي رؤية علماء «المناخ الفلكي». فسواء كان الأمر يتعلق بالزُهرة أو المريخ أو زُحل أو حتى تريتون[2] فإن الظروف السائدة في هذه الكواكب، في حد ذاتها معلومات تعيننا على الارتقاء بالنماذج المناخية الخاصة بكوكبنا. إليكم في خمس محطات كوكبية حصاد المعلومات الأولى الجديدة، حيث يمكّننا الابتعاد عن الأرض من فهم أدق لما يجري فيها.

بقلم: ماتيلد فونتيز،
وماثيو غروسون[3]


HUBBLE SITE - FOTOLIA

الرأس في السحاب، القدمان على الأرض... والعينان يتأملان الكواكب الأخرى. هذا هو حال خبراء المناخ والأرصاد الجوية اليوم، فهم في حالة بالغة الخصوصية تجعلهم متواجدين في كل مكان. إذ أنه لم يعد واضحاً اليوم ما إذا كانوا علماء مناخ أم فلكيين، أولئك المهتمين بطبقات الغلاف الجوي حول الأرض والموجهين أنظارهم إلى مناطق نائية وغريبة على غرار الزُّهرة وتريتون وزُحل. فحتى اليوم، كانت الكرة الأرضية بمثابة القاعدة المستخدمة لتفسير متاهات الكواكب، وكان الفلكيون يستخدمون نماذج علماء المناخ. بيد أن علماء "المناخ الفلكي" باتوا الآن يلجؤون إلى دراسة شدة مناخ الكواكب والأقمار لفهم اعتدال جو الكوكب الأزرق (الأرض)، فهم يرون في ذلك السبيل الوحيد لتجاوز حدود الحالات الخاصة، وبلوغ الغاية الأسمى: النموذج المناخي الكوكبي الكوني، وهو النموذج الوحيد الذي يمكّننا من التنبؤ بمستقبل الأرض.

الشمس

عطارد

الزهرة

الأرض

المريخ

المشتري

زُحل

تيتان

نبتون

تريتون

أورانوس

لنكن واقعيين... ذلك أن النماذج المناخية الحالية حتى ولو تمكنت من تفسير التأثيرات التي تزداد تعقيدا وشبكاتها الدقيقة وحتى لو أخذت بعين الإعتبار أدق التفاصيل مثل رصد أصغر دوامة أو اضطراب فهي مع ذلك تظل غير متطورة لسبب وحيد هو أنها تستند إلى نموذج لحالة وحيدة لكوكب الأرض. وهذا يبيّن حدود قدرتنا التي يلوّح بها كل من يخالجه الشك في وجود احترارٍ يتسبب فيه الإنسان: كيف نثق في صحة نموذج صُنع لوصف حالة خاصة؟ وفي هذا السياق يقرّ فرانسوا فورجيه François Forget، عالم المناخ في مختبر الأرصاد الجوية الديناميكية في باريس: "قصورنا هذا بمثابة مسألة محورية بصفة خاصة في إطار الاحترار العالمي، ذلك أنه للتنبؤ ببيئة مختلفة، على النماذج أن تتحرّر من الاعتماد بشكل كبير على الوسائل التجريبية المنبثقة من المشاهدات الراهنة، والاستناد إلى معادلات فيزيائية كونية. ولذا من المفيد تطبيقها على الكواكب الأخرى للتحقق من صحتها."

إن الكم الهائل من المقاييس التي عادت بها المسابير الفضائية، وهي تقوم برصد الأغلفة الجوية الأخرى في النظام الشمسي بأدق تفاصيلها منذ ٣ عقود، يؤيد هذه الرؤية الجديدة. وقد تبناها علماء المناخ بواسطة أسلوب لا سبيل لتغييره: إيجاد حالة لظاهرة يصعب تقويم تأثيرها. ومن ثم دمجها كأحد الشروط الابتدائية في نموذج مناخي، وإجراء بعد ذلك عملية مقارنة. وتوضح الأمر آني ماتانين Anni Määttänen، خبيرة الأرصاد الجوية في مختبر الأغلفة الجوية والأوساط والرصد الفضائي في غواينكور (Guyancourt) قائلة: "نظام الأرض بالغ التعقيد، وقد يتعذر عزل أثر كل ظاهرة على حدة. إلا أن أحد هذه الآثار قد يسود على الكواكب الأخرى، فنتمكن من فهمها بشكل أفضل، ومن ثم تطبيق ما تعلمناه بخصوص كوكب الأرض، الأمر الذي ربما يتيح لنا الكشف عن عناصر سبق أن تم إهمالها أو نظريات شديدة في تبسيطها."

ولذلك يراقب علماء المناخ الفلكي الأعاصير التي تعصف بالمريخ حتى يتعزّز فهمنا لكيفية تكوّن السحاب، فهم يطؤون جليد تريتون للتنبؤ بتبخر غطائنا الجليدي مستقبلاً، يغوصون في أتون الزُّهرة لتقويم أثر تقسيم طبقات الغلاف الجوي، يدورون حول زحل لإدراك طبيعة القطب الجنوبي بشكل أفضل، ويبحرون في أنهار تيتان (Titan) بهدف اختبار دورة المياه في كوكب الأرض (انظر الشروحات على اليمين).

النتائج متوفرة الآن...

لقد بدأت النتائج بالظهور. يقول فرانسوا فورجيه مُرحباً: "منذ بضعة أسابيع، كان خبير الكواكب الشهير بيل هارتمان Bill Hartmann يحيي قدرة النماذج المناخية على التكهن بتشكل أنهار الجليد المريخية. النموذج ذاته يصلح للمريخ وللأرض، وهذا دليل على أنه واقعي." وبالعكس، تقول آني ماتانين: "اكتشفنا أن نظرية التكثيف المستخدمة لمحاكاة الغيوم على الأرض، لا تنطبق على سحاب ثاني أكسيد الكربون في المريخ. وهذا يبين أن ثمة ما لم ندركه بعد."

تجدر الإشارة هنا إلى كون هذا المسعى قد سبق أن أتى بثماره: ففي عام ١٩٨٢، تمكن العالم الشهير كارل ساغان Carl Sagan –عند رؤية الغبار المعلق على المريخ، وهو يمتص ضوء الشمس– من إقناع البشرية بقدوم خطر شتاء نووي، يُضاف إليه اليوم خطر الاحترار الذي ينبغي إثباته وتوقعه. وكما كان حال أسلافهم، ها هم علماء المناخ الفلكي اليوم يتفرسون مجدداً في الكواكب الأخرى... بأقدام راسخة على الأرض. نقدم دليل ذلك بالصور في الصفحات التالية:

M.KONTENTE - USGS/JPL/NASA



تريتون

تبخر غطاءه القطبي ينبئنا بآثار الاحترار

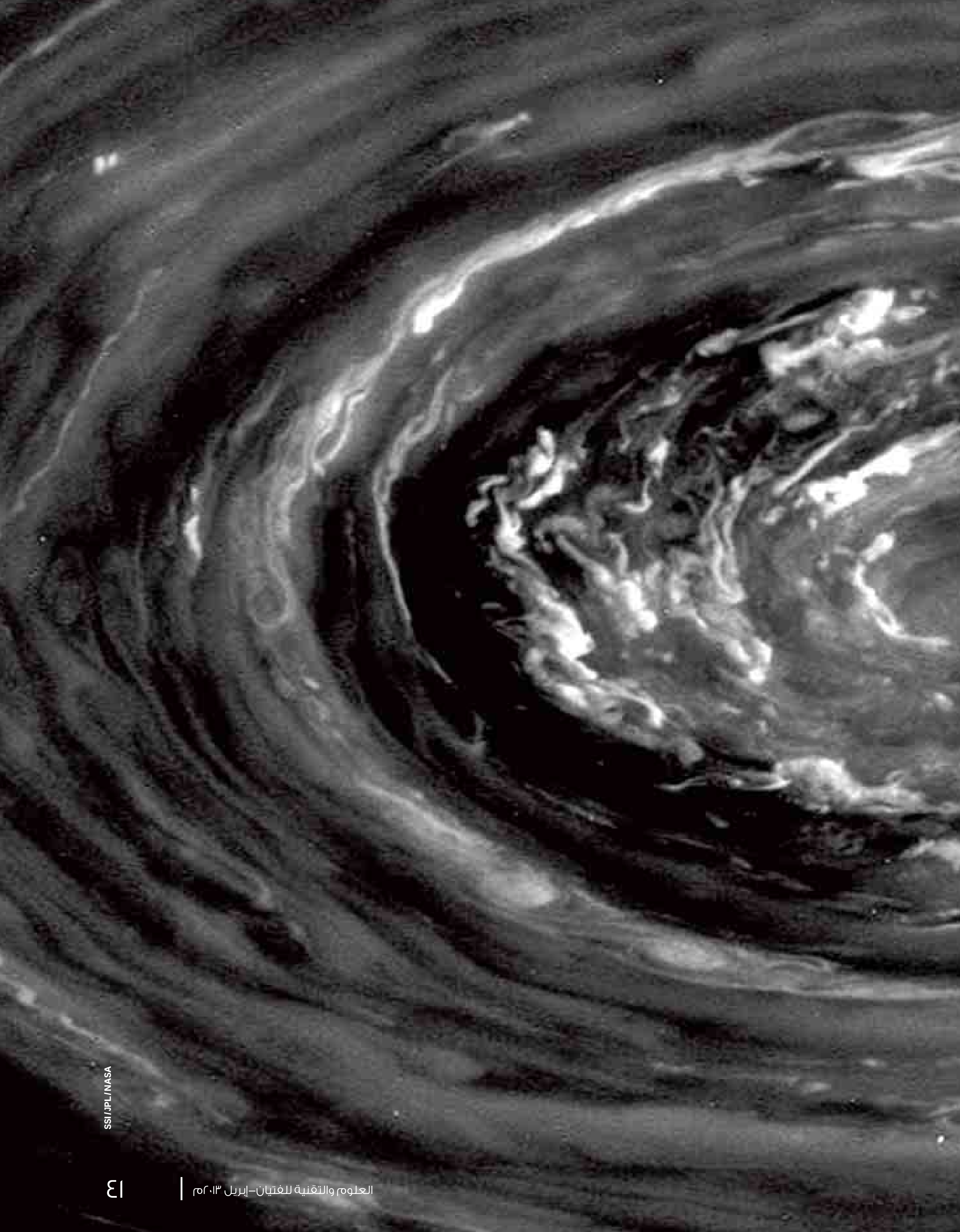
تريتون ليس كوكباً... ورغم ذلك فإنه يمثل حالة مبكّرة لما سيحدث في الكرة الأرضية. فهذا الجسم الصغير المتجمد الناشئ من تخوم النظام الشمسي، هذا القمر النبتوني الزهيد له غلاف جوي وغطاء متجمد من النيتروجين لا زالا يتبادلان المادة... كما يحدث على كوكبنا الأزرق (الأرض). وفي هذا السياق يؤكد فرانسوا فورجيه المنتسب لمختبر الأرصاد الجوية الديناميكية بباريس: «على الأرض، ربما يساهم تبخر الغطاء القطبي في زيادة الضغط الجوي. لا زال الأثر اليوم بسيطاً جداً إلا أننا نعلم أنه سيستمر في التنامي مع ارتفاع كميات ثاني أكسيد الكربون». وقد شرع علماء المناخ في استعمال المقاييس التي أجريت على هذا القمر الصغير لضبط نماذج الاحترار لديهم، سيما تقويم النتائج المحصل عليها.



زُحل

إعصاره العملاق يعزز النظرية العامة للأعاصير

كان علماء المناخ بحاجة إعصار عملاق لتحسين النظرية العامة للأعاصير، ونمذجة حركة الغلاف الجوي على نحو دقيق... وها قد عثروا على النموذج الذي كانوا يريدونه متمثلا في غلاف العملاق زحل ذي الحلقات. لا نرى في الصورة -التي لا تكاد تصدق والملتقطة من قبل المسبار الفضائي كاسيني (Cassini) في ٢٧ نوفمبر ٢٠١٢- سوى عين الإعصار، وقد غطت وحدها مساحة ٩ ملايين كم٢ : فقطب زُحل الشمالي يتعرض لإعصار هائل تولّده رياح سرعتها ٧٠٠ كم/ساعة، يجد صدى أكثر شدة عبر دوامة تلف القطب الجنوبي للكرة الأرضية. والملاحظ أن دوّار الكرة الأرضية متستر ويكاد يكون غائباً عن صور الأقمار الإصطناعية، ومع ذلك فهو ذو أهمية حيوية لمناخ الأرض: إذ إنه يحدد عمليات التبادل الحراري بين المنطقة القطبية وسائر أرجاء الكوكب. وقد تمكن إيمريك سبيغا Aymeric Spiga، المنتسب لمختبر الأرصاد الجوية الديناميكية بباريس، انطلاقاً من البيانات التي جُمعت في زُحل للمرة الأولى، من وضع نموذج عام لمناخ زُحل على أمل التمكن، من خلال نسخ دوامته الهائلة، من فهم ما يجري على وجه الأرض، النموذج المصغر لزحل.


SSI/JPL/NASA



كوكب الزهرة

ظروفه المناخية القصوى تكشف عن ظواهر غير مألوفة

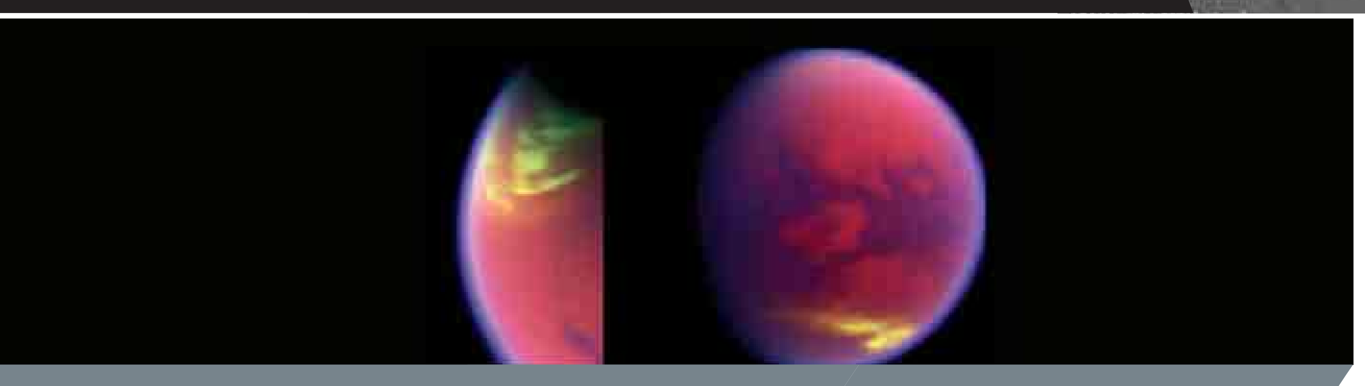
هو كابوس علماء المناخ وحلمهم الجميل في آن واحد: ضغط سطحه يبلغ ٩٣ باراً، ودرجة حرارته المئوية تعادل ٤٧٠ درجة مئوية، سحب عملاقة من حمض الكبريتيك، ورياح تبلغ سرعتها مئات الكيلومترات في الساعة، تدور حول الكوكب أسرع مما يدور حول نفسه.. فالزُهرة عملاق مناخي يُعَدّ الكوكب المثالي لعمليات المحاكاة. يقول فرانسوا فورجيه، المنتسب لمختبر الأرصاد الجوية الديناميكية في باريس، في هذا السياق : «النماذج الأرضية التي تعطي تقريباً النتيجة نفسها لدى تطبيقها على الأرض، تسفر عن نتائج مختلفة لدى تطبيقها على الزهرة، ما يتيح لنا الكشف عن بعض العيوب». من خلال إظهار آثار ربما تغيب عنا وسط الكم الهائل من تقلبات المناخ المعقدة فإن الظروف المناخية في هذا الكوكب الصغير تمكّننا من معالجة أسباب ربما تسفر عن آثار كبيرة... على غرار تقسيم طبقات الغلاف الجوي.

MSSS/JPL/NASA - OBS. DE PARIS, VIRTIS-VENUS X IASF-INAF/ESA
UNIV. PARIS DIDEROT/UNIV. OF NANTES/UNIV. ARIZONA/JPL/NASA

المريخ

أعاصيره الغبارية الصغيرة تفسر ولادة السحاب

يمثل كوكب المريخ المختبر الأمثل لدراسة حركة الغلاف الجوي. فمن التباين الدائم ما بين هوائه الجاف والبارد، وسطحه الذي تسخنه الشمس، لا تزال أعاصير الغبار تولد باستمرار. هذه الأعاصير الصغيرة المنتشرة إلى درجة أنها رصدت من قبل المسابير الفضائية التي اقتربت من الكوكب الأحمر منذ فايكينغ أوربيتر (Viking Orbiter) عام ١٩٧٨... حتى «باتت هذه الظاهرة موثقة بشكل أفضل في المريخ منها في الأرض!»، وهذا حسب قول إيمريك سبيغا، المنتسب لمختبر الأرصاد الجوية الديناميكية في باريس. يمثل ذلك بلا شك فرصة كبيرة، فحركات الهواء الدورانية هذه تمثل حالة قصوى لإحدى الظواهر التي يصعب تطوير نموذج لها: حركة الهواء من الأسفل إلى الأعلى، والتي تعرف بالحمل الحراري (convection). ويضيف الباحث: «نظراً لكون الحمل الحراري وراء تشكل السحاب، فهو معضلة أساسية عند تطوير النماذج المناخية الموثوقة». وبناءً على المعطيات المريخية يأمل علماء المناخ في محاكاة هذه الظاهرة بشكل أكثر دقة.



تيتان

الميثان المتواجد فيه يؤكد دورة المياه

يقول فرانسوا فورجيه بحماس، المنتسب لمختبر الأرصاد الجوية الديناميكية في باريس: «توقعاتنا بشأن مناخ تيتان عن طريق نموذج مناخي صنع في الأساس للأرض تعتبر من أكبر أوجه نجاح علم المناخ». أنهار، بحيرات، أمطار، سُحُب.. ما إن رمقنا مشاهد هذا القمر العملاق الدائر حول زحل بواسطة آلات تصوير المسبار الفضائي كاسيني، حتى لقبناه بتوأم الأرض. أما سيباستيان لوبونوا Sébastien Lebonnois المنتسب لمختبر الأرصاد الجوية الديناميكية في باريس فيؤكد : «لا فرق سوى في كون سمائه تمطر الميثان بدل الماء، فهناك تشابه إلى حد كبير للدورتين، إلا أنهما تمثلان مخططين مختلفين.» وقد خطرت ببال علماء المناخ فكرة اختبار نماذجهم الأرضية على تيتان... وخيراً فعلوا: فذلك ما جعلهم يتنبؤون بولادة سحب حتى قبل ظهورها على أجهزة كشف المسبار كاسيني.

---

(1) Vénus, Saturne, Mars…Leur climat nous intéresse, Science & Vie 1145, pp 84-91

(٢) تريتون Triton، هو أكبر أقمار الكوكب نبتون، اكتشفه الفلكي ويليام لاسّل William Lassell، وتبلغ درجة الحرارة على سطحه ٣٨,١٥ كلفن (-٢٣٥س). (المترجم)

(3) Mathilde Fontez, Mathieu Grousson



أخبار التقنية

الطاقة

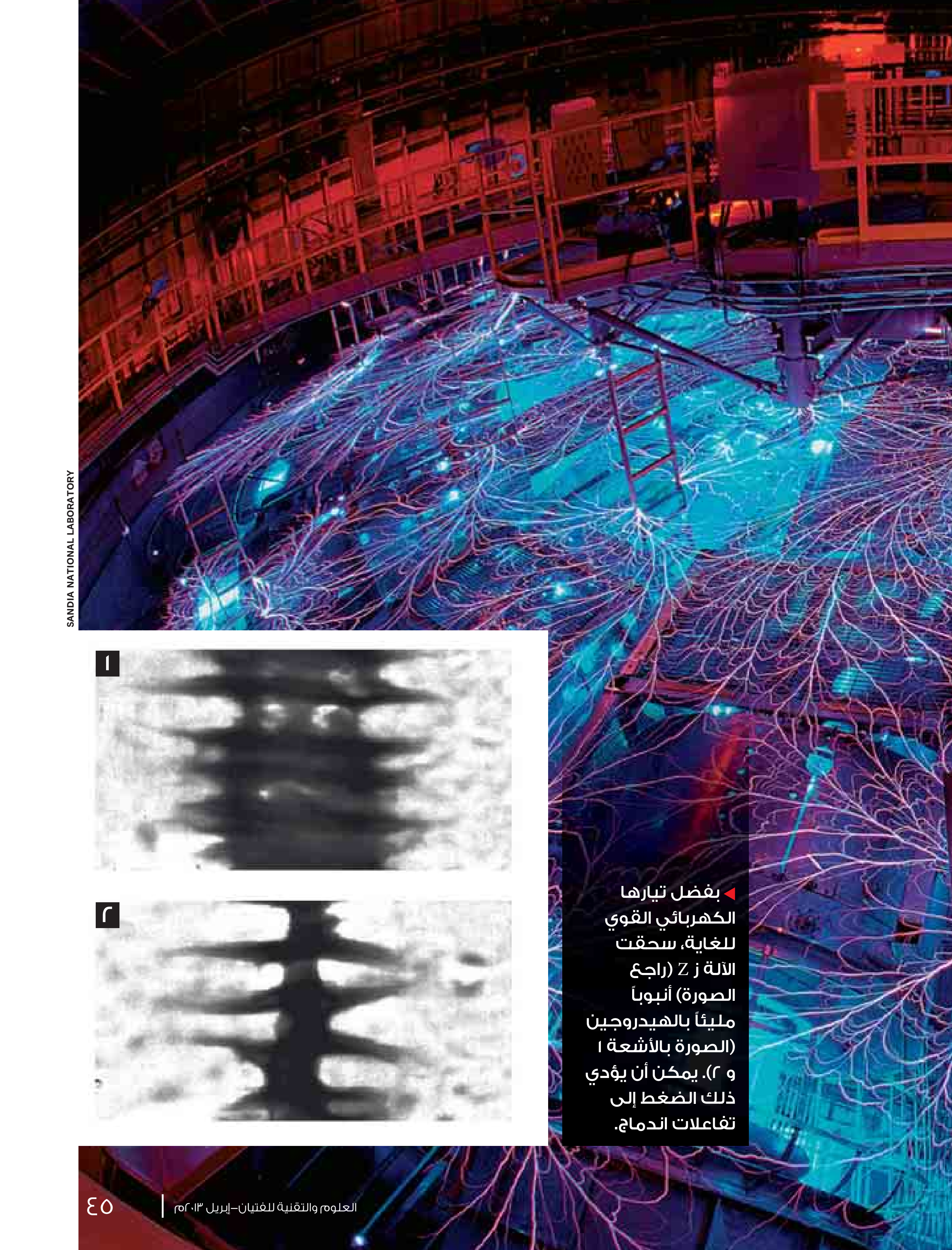
عبر الاندماج النووي مرحلة جديدة

نجح الباحثون في مختبرات ساندیا Sandia في نيو مكسيكو (الولايات المتحدة) بإحداث انفجار أدى إلى اندماج نووي (أنظر الصورة). خلال بحثهم الطويل للتحكم بذلك التفاعل تجاوز علماء الفيزياء الأميركيون خطوة مهمة بفضل آلتهم Z المذهلة.

تذكير: من أجل إنتاج طاقة بكميات كبيرة، يرتكز الاندماج على دمج نواتين ذريتين من الهيدروجين بحسب المبدأ نفسه الذي يجعل النجوم تتلألأ، لكن ذلك التفاعل يتطلب ظروفاً حرارية (ملايين الدرجات المئوية) وكثافة ضخمة... من الصعب الحصول عليها على الأرض. يسمح حقل تلك الآلة الكهربائية الفائق القوة -الذي يبلغ ٢٥ مليون أمبير- بضغط عنيف لخرطوشة من الوقود (مزيج من نظيريْ الهيدروجين) مسخنة مسبقاً.

تلك هي مرحلة الضغط البالغة الدقة التي خضعت لاختبار ناجح، وبعد ذلك يبقى، كما يوضح كزافييه غاربيه Xavier Garbet، وهو فيزيائي في هيئة الطاقة الذرية الفرنسية (CEA): "يحصل الاندماج هنا خلال بضع نانوثانية (نانوثانية تعادل واحد على ألف مليون من الثانية) فقط!" إلا أن غرفة المفاعل التجريبي الدولي النووي الحراري (ITER) -الذي هو قيد الإنشاء في فرنسا- تهدف إلى تثبيت الاندماج خلال ثماني دقائق تقريباً... لكن ذلك سيكون على حساب القوة. وهكذا نشهد انطلاق التنافس لإنتاج طاقة نظيفة لا تنضب بين تلك الآلات المتنافسة.

ف. ن. V.N.



بفضل تيارها الكهربائي القوي للغاية، سحقت الآلة ز Z (راجع الصورة) أنبوباً مليئاً بالهيدروجين (الصورة بالأشعة ١ و ٢). يمكن أن يؤدي ذلك الضغط إلى تفاعلات اندماج.

تفكيك المنشآت النووية

كيف ستقوم مؤسسة "كهرباء فرنسا" بذلك؟[1]

بدأ العد التنازلي: بعد أن أعلن الرئيس هولاند (Hollande) إقفال محطة الطاقة النووية فيسينهايم (Fessenheim) في العام ٢٠١٦م، من المتوقع أن تقترح شركة كهرباء فرنسا (EDF) ابتداء من هذه السنة خطة تفكيك محددة. ذلك أن تفكيك محطة نووية يتطلب حداً أقصى من التحضيرات. إلا أن الشركة الفرنسية لم يسبق لها القيام بمثل هذا العمل من قبل.

بقلم: فينسانت نوريغا [2]

◄ لن يتمكن التقنيون في شركة كهرباء فرنسا (EDF) من مواجهة حوض المفاعل الضخم (هنا حوض بوجي Bugey، مقفل ومغمور بالماء) قبل عشر سنوات من الأعمال التمهيدية.

S.COMPOINT


TE CONTAMIN
CONTAM

يوم الجمعة ١٤ سبتمبر ٢٠١٢م، وقع الخبر مثل الصاعقة على رأس موظفي شركة الكهرباء الفرنسية: "ستقفل محطة فيسينهايم (Fessenheim)، الأقدم في نهاية العام ٢٠١٦م." إنه قرار أعلن عنه رئيس الجمهورية (الفرنسي) فرانسوا هولاند شخصياً، في خطاب ألقاه في مناسبة افتتاح المؤتمر حول البيئة حيث ستتم مناقشة تخفيض نصيب الطاقة النووية تخفيضاً حاداً في مزيج مصادر الطاقة التي يستعملها الفرنسيون.

إقفال محطة نووية ما زالت فعّالة بقوة في فرنسا! أيعقل هذا في البلد الذي يعتبر الذرة ملكة؟ تسبب ذلك الإعلان التاريخي في انتفاضة غاضبة وفي طرح أسئلة قانونية شائكة. يرددون حالياً في شركة كهرباء فرنسا بمزيج من مشاعر الظلم والإنكار قائلين: "إنه إعلان سياسي، لم يتم اتخاذ أي قرار إداري بعد". لكن هذه المراوغة لا يمكنها أن تستمر! وفي الواقع فإن التنظيم النووي الفرنسي صارم: تقول عنه آن سيسيل جوف Anne-Cécile Jouve، المكلفة بالتفكيك في مؤسسة الحماية من الأشعة والسلامة النووية (IRSN): "قبل إيقاف العمل نهائيا في أي مفاعل نووي يتعين على الشركة المستغلة له أن تكشف لنا الإجراءات العامة لتفكيكه، كما يجب على الشركة المنفِّذة تسليم تفاصيل إجراءات التفكيك."

وهكذا تم تحديد التواريخ بسرعة لإنجاز العملية: بما أن التاريخ النهائي المعلن لإقفال محطة فيسينهايم قد حدد في يوم السبت ٣١ ديسمبر ٢٠١٦م، فقد طُلب من الشركة المنفِّذة تقديم الخطوط العريضة بدءاً من هذه السنة لتفكيك مفاعليْن من مفاعلي الماء المضغوط. لن يكون أمام شركة كهرباء فرنسا الخيار لأن هذه العملية ستكون المثال النموذجي: سيكون هذا التفكيك الأول من نوعه من سلسلة طويلة تتعلق بالوحدات الـ ٥٦ الأخرى المنتشرة في البلاد، وكلها متشابهة تقريباً، ومصيرها الإقفال على المدى القريب نسبياً.

ها هي شركة كهرباء فرنسا أمام أمر واقع

يجدر بنا أن نتساءل: هل تعرف شركة كهرباء فرنسا كيفية التصرف؟ قد يفاجئكم السؤال بما أن هذه الشركة تعدّ المتعامل الأبرز في مجال الطاقة النووية في العالم. لكن ينبغي أن نعرف أن إنهاء حياة المفاعلات عملية تم تجاهلها لفترة طويلة. حتى أصبحت تعتبر عملية بعيدة المدى بل خيالية نسبياً. ذلك ما جعل عدداً من الجمعيات المناهضة للطاقة النووية تندد وتقول باستحالة التفكيك... وفي هذا السياق يتذكر رولان ديبورد Roland Desbordes، رئيس لجنة الأبحاث والمعلومات المستقلة عن النشاط الإشعاعي (Criirad) فيقول: "إن أنصار الطاقة النووية كانوا يلوحون بتلك الحجة

فيسينهايم الأولى على القائمة

من المقترح أن يتوقف المفاعلان الواقعان في منطقة الراين الأعلى (Haut-Rhin) بفرنسا عن العمل قبل نهاية ٢٠١٦م. وسيتم تفكيكهما لاحقاً. إنها عملية حساسة ستمس عاجلاً أو آجلاً المفاعلات الفرنسية الـ ٥٦ الأخرى.

المراحل الخمس لورشة التفكيك على فترة زمنية أقلها ٢٠ سنة





ما هو التأثير على الشبكة الكهربائية؟

إن إقفال محطة نووية ليس أمراً هيّناً بالنسبة إلى الشبكة الكهربائية. في ما يتعلق بزوال محطة فيسينهايم (Fessenheim) فإن الدراسات حول التأثيرات التي نشرتها في نوفمبر ٢٠١٢م شبكة نقل الكهرباء الفرنسية(RTE) مثيرة للقلق إلى حدّ ما: إضافة إلى خسارة ١٨٠٠ ميغاواط (أي ١,٤٪ من الإنتاج الفرنسي للكهرباء). تكمن المشكلة في الدور الأساسي الذي يلعبه هذان المفاعلان في تثبيت تدفق التيار الكهربائي واستقراره في المنطقة. من دون محطة فيسينهايم فإننا سنواجه خطر إفراط التدفق القاتلة على الخطوط... حتى جبال الألب (Alpes). مما يستوجب خطوطاً ومحولات ومكثفات جديدة... تدابير كثيرة ينبغي التخطيط لها ابتداءً من اليوم بحسب شبكة نقل الكهرباء.

نفسها لمعارضة الإقفال المبكر لمفاعل سوبرفينيكس (Superphénix)."

لا تفكروا في تدمير هذا النوع من المباني بالمتفجرات كأنها مجموعة عادية من المباني لأنكم قد تواجهون خطر إحداث غيمة إشعاعية خطيرة. في الحقيقة، يتطلب تفكيك محطة نووية، الدخول إلى أبعد الزوايا المظلمة والقاتلة لهذا الوحش الملوث لقطع وفك عناصره قطعة قطعة.

M.KONTENTE - G.UZAN/GAMMA

لم يتم تصميم المفاعلات أبدا بطريقة تسهل مثل هذا التفكيك بأمان. يعترف بيار باشيه Pierre Bacher، المدير التقني الأسبق لشركة كهرباء فرنسا، الذي كُلف في السبعينيّات الميلادية من القرن الماضي بتشييد محطة فيسينهايم قائلاً إن: "تلبيس بعض عناصر الدورة النووية بنظير الكوبالت ٥٩ الذي أنتج تحت

مشكلة: لم تصمم المحطات لتفكك...

الإشعاع، نظيراً مشعاً قوياً هو الكوبالت ٦٠، وهذا يمثل إشكالية للتفكيك." كان من الممكن أن يتم اختيار المواد بطريقة أكثر حكمة، وأن يكون تراكم النشاط الإشعاعي الراكد على خط الدوائر الكهربائية أقلّ احتمالاً... ثم إن قضية التفكيك ستكون أقل التباساً لو أن شركة الكهرباء لم تماطل -بعد أن قامت بتشغيل المفاعلين- في دراسة المسألة حيث لم تجرؤ على مواجهتها بصفة فعلية.

في الثمانينيّات الميلادية من القرن الماضي، أشارت شركة كهرباء فرنسا إلى أنه عندما سيحين موعد وقف مفاعلاتها، ستُوقف نهائياً وتبقى مغلقة من خمس وعشرين إلى خمسين سنة قبل أن تُجزّأ للاستفادة من الانخفاض الإشعاعي (خاصة للكوبالت ٦٠). مما يزيد ثقل المسؤولية على أجيال المستقبل وذلك "دون نسيان خطر سرقة المواد كما يحصل في الأراضي الصناعية المهجورة" حسب مونيك سيني Monique Sené، مؤسسة "تجمّع العلميين من أجل الإعلام حول الطاقة النووية" (GSIEN).

٣- تفكيك قلب المفاعل النووي

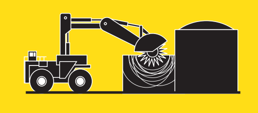
فصل الدوائر الكهربائية والمركبات عالية الإشعاع



١٦ سنة

٤- تطهير المباني

تسوية الأجزاء الملوثة المبنية بالإسمنت



١٨ سنة

٥- التدمير النهائي

تدمير كلاسيكي للمباني، وإعادة تأهيل محتملة للموقع



تغيير في المنهجية

وهكـذا، بعـد توقف عمـل التجهيزات -مفاعـلات الجيـل الأول، والنمـاذج التجريبية وتجهيـزات الأبحاث- خضعت تلـك المنشـآت للصيانـة في ظـلّ هـذا الغموض الكبير. كان علينـا الانتظار إلى العـام ٢٠٠١م لتتمكـن شركـة الكهربـاء أخيراً من وضـع منهجية حازمة وواضحة المعـالم: وهي التفكيك حـالاً ... وبالتعبير المتداول، التفكيك "في أقرب وقت ممكن" بعـد عملية التوقف. ومن ثـم جاءت حالة الاستعجـال الحاليـة لدى شركـة كهرباء فرنسا!

كيـف نفسّـر هـذا التحـوّل؟ يقـول ألان إينسـوك (Alain Ensuque)، مدير" مركـز هندسة التفكيـك والبيئة" (Ciden)، وهـو مكتـب دراسـات تابـع لشركـة كهربـاء فرنسـا متخصـص في التفكيـك تم إنشـاؤه بالتحديـد في العـام ٢٠٠١م: "في نهايـة القـرن العشريـن كانت هنـاك آمال كبـيرة بتفكيك محطة برينيليـس (Brennilis) الواقعـة وسـط المنتـزه الطبيعـي والإقليمـي في أرموريك (Armorique). وفي الوقت نفسه رجحت دراسة أوليـة أن التفكيـك الحاليّ -حتى لـو أدى إلى التعامـل مع نشـاط إشعاعي أقـوى- ليس أعلى تكلفة مما سيترتب عن إقفال المفاعلات مـدة عقدين... علماً أن العملية ممكنة الإنجـاز بفضل استخدام الروبوتات."

منذ ذلك الوقت يركّز مهندسو وتقنيو مركـز هندسـة التفكيك والبيئـة الـ ٥٧٠ علـى عمليـة التفكيك الشاقـة لمباني تلك المفاعلات القديمة الأولى. وقد تم إغلاقها سرياً بعد تردد منـذ عقود عديدة (راجع الإطار أدناه تحت عنوان "عمليات تفكيك لا تنتهـي أبـداً") مما ترك بعض الندم لدى البعض. ذلـك أن التدخل السريع له الكثير من الميـزات الإيجابية، مثل تجنب الأخطـار المرتبطة بتآكل بعض المنشآت. هـذه الاستراتيجيـة تم استخلاصهـا من الشهـادات التـي تم جمعها مـن موظفين سابقـين في المحطـة. مـا هو الهـدف من ذلـك؟ عرْض تاريخ الحـوادث البسيطة التي تعرض لها المفاعل من دون أن تمنعه عن العمل: مثل تسربـات الإشعاع التي لم يتم تنظيفها قط، ومثل وجود بقع مشكوك في أمرهـا مرتبطـة بتخزيـن النفايـات النووية أو"ذلك الحريق الذي لوث دخانه غرفـة تقع في الجهة الأخـرى من المحطة عبر فتحات التهوئة" حسب آلان إينسوك.

ويؤكـد هـذا الأخـير أن " التجربـة تظهر بأن تملّك تجهيزات من هذا القبيل وتجنـب المفاجـآت السيئـة، تستدعيـان استعـادة كل تلـك الذكريـات." هنـاك الكثير من الشهادات التي ينبغي مراعاتها مرفوقة بمجموعة العينات التي أخذت عن جدران المفاعلات، وقياس انبعاثات أشعة جاما (gamma radiation) وتاريخ تدفق النيوترونـات في قلـب المفاعل. قـد يأخذ هـذا الجـرد المعمـق نحـو سنتـين. إنهـا دراسـة تمهيديّـة ضروريـة لاتخـاذ قرار حكيم يقضي مثلاً بإرسال روبوت بدلاً من

عمليات تفكيك لا تنتهي أبداً...



على الرغم من أن تسعة مفاعلات تابعة لشركة كهرباء فرنسا (EDF) من الجيل الأول قد أقفلت خلال الفترة ١٩٨٠-١٩٩٠م فإن تفكيكها مازال في مراحله الأولى. إن أسباب التأخير متعددة: من التعقيدات الإدارية إلى الصعوبات التقنية المرتبطة ببعض التقنيات، مروراً بتأخير بناء مركز تخزين النفايات الإشعاعية المتميزة بمدة الحياة الطويله في بوجي (Bugey) في أين (Ain).

تمثل حالة مفاعل الماء الثقيل الصغير الحجم ببرينيليس (Brennilis) (فينيستير Finistère) -والمتوقف عن العمل منذ العام ١٩٨٥م (انظر الصورة على اليمين)- حالة معبرة عن الواقع. فبعد الحصول على الضوء الأخضر القانوني في العام ١٩٩٦م، تعطلت الأعمال مرات عديدة: قرارات إدارية حول تقصيرات مختلفة، حريق، فيضان...

هناك حالات أخرى معقدة تواجهها شركة كهرباء فرنسا تتمثل في مفاعلات سان لوران (Saint-Laurent)، وشينون (Chinon) وبوجي (Bugey) القديمة والعاملة بالغرافيت والغاز والتي لديها قلوب نووية كبيرة الحجم وبالغة التعقيد. يقول فيليب بيرنيه (Philippe Bernet)، التابع لشركة كهرباء فرنسا: "نظراً للصعوبات التقنيّة، لن نبدأ بالتفكيك إلا ابتداءً من العام ٢٠٢٢م، إنها عملية تأخذ من سبع إلى عشر سنوات".

جـوف Anne-Cécile Jouve، التابعـة لمؤسســة "الحماية من الأشعـة والسلامة النوويــة (IRSN) "إلـى أن "الخطـر الأساسي في ورش من هذا القبيل -حيث تُستعمـل أدوات القطع- يكمن في الحريق الذي يمكنه نشر دخان ذو نشاط إشعاعي باتجـاه الخـارج." لذلك لا يجـوز لشركة كهربـاء فرنسـا بـأن تخطـئ... والوقت يداهم.

تقدم بطيء...

والواقع أن الشركة الفرنسية لا تنطلق من الصفر كلياً. فبهذا الشأن يقول تييري شارلـز Thierry Charles، المســؤول عن السلامة النوويـة في مؤسسة الحماية من الأشعة والسلامة النووية أن ذلك يعود إلى كون "مفاعلاتها الــ ٥٨ خضعت لعمليات صيانــة معمقة تم خلالهـا تفكيك عناصر كبيرة منها وسحبهـا." ومن جهة أخرى، حتى لـو لم يتم تصفية ســوى ١٧ مفاعلاً نوويـاً عبر العـالم تصفيـة نهائيـة، فقد استخدمت أنواع مختلفة من تقنيات قطع المواد في ظروف مرعبة. وفي الأخير علينا أن نشير بوجه خاص إلى أن شركة كهرباء فرنسا تستفيد من نموذج مثالي يتمثل في التفكيـك الجـاري حاليـاً لمفاعـل شـوز أ (Chooz A) (في أرديـن Ardennes)، وهــو المفاعـل الفرنســي الأول الذي يعمل بالماء المضغوط، وقـد توقف عن العمل في العـام ١٩٩١م. وعلـى الرغم مـن أن قوة هـذا المفاعـل أقل بثـلاث مـرات من قوة المفاعلات الحالية (مـا يعني أن عناصره أقـل حجماً) فإن هذه العملية -التي بدأت منـذ ٥ سنــوات- تظهـر كل الصعوبـات التقنيــة المتعلقة بتلـك المفاعلات... وكأن هـذا المفاعـل يقدم صـورة أوليــة لمراحل إزالة محطة فيسينهايم...

ما هــي خطة شركـة كهربـاء فرنسا، إنسان إلى هذا المكان أو ذاك إذ أن بدله الحمايـة التـي يرتديها العاملـون ستكون مثلاً عاجزة عن توقيف أشعة جاما.

ويشــدد آلان إينسـوك علــى أهميـة التحضيـر الدقيـق وعلـى تحديـد نـوع المخاطـر وتقديـر درجـة خطورتهـا قبل البـدء في التفكيك بالقـول: "التفكيـك النووي ليس مهمــة مؤسسة تدمير عادية، بل هي عملية منهجية تعادل بناء المحطة. فكل مفاعل يحتاج إلى ما لا يقلّ عن خمس سنوات من الدراسة لتحضير أفضل مسار لتدميره. والذي يهدف إلى التقرب خطوة خطوة من القلب النووي." إنه عمل يحتاج إلى نفـس طويل، ومـن المتوقع أن يدوم في حالة محطة فيسينهـايم فترة تتراوح بين خمس عشــرة وعشرين سنــة، أي عقدين من الزمن تحـت الأضواء لأن الأمر يتعلق بأول تفكيك مــن نوعه. وسيتطلب ملايين الساعــات مــن العمـل تقضيهــا سلطات المراقبــة. وفي هذا السياق تنبّه آن سيسيل



YVERGNIAUX/ANDRA - D.FILIPONE/EDF

عودة تجربة شوز (Chooz)

تستفيـد شركـة كهربـاء فرنسـا (EDF) مـن التفكيـك الجاري علـى المفاعل شـوز أ (Chooz A)، في الأرديـن (Ardennes) (فرنسـا) للتدريـب: إنـه يعتبـر من أقـدم مفاعـلات الماء المضغـوط ضمـن سلسلـة المحطات النوويـة الفرنسية.

وفي تلك الأثنـاء، في منطقة كريس مـالفيـل (Creys-Malville) بمدينة إيـزيـر (Isère)، ينهمك التقنيـون في تفريغ الـ ٥٥٢٠ طناً من مـادة التبريد الـصــوديوم الـسـائـل الـذي يـجـري في محطة سوبرفينيكس (Superphénix): بما أن الصوديوم يشتعل عند الاحتكاك بـالـهـواء ويـنـفـجـر عـنـد مـلامـسـة الماء فإن العملية البالغة الحساسية تجري ببطء كبير. إلا أن ألان إينسوك Alain Ensuque مـديـر مكتب دراسـات شركة كهربـاء فرنسا يـقـول: "والأدهى من ذلك أننا تفاجأنا باكتشاف أن الصوديوم تجمد في بعض الأماكن من الدائرة." لقد حُلَت هذه المسألة، لكن سدل الستار عن هذا المفاعل غير متوقع قبل العام ٢٠٢٨م.

تحضيرات بالغة الخطورة

يبلغ خطر تفكيك محطة نووية ذروته عند بداية العمل على الدورة النووية: بما أن مكوناتها استقبلت ماء تبريد الوقود الانشطاري فلا بد أنها قد تلوثت بشكل كبير.



القطع

في هذه المرحلة، يكمن الخطر الأساسي في انتشار الغبار الإشعاعي: العمال محميّون والقاعات وضعت في حالة من انخفاض الضغط.

إذاً؟ بحسب مكتب دراسات المتعامل، يقضي التحرك الأول بسحب قضبان الوقود الساخنة من قلب المفاعل لإرسالها للتبريد في حوض في مبنى ملحق قبل إرسالها إلى معمل إعادة المعالجة في لا هاغ (la Hague). تلك العملية بحد ذاتها إلى جانب تفريغ ماء الدورة النووية، يسمحان بالتخلص من ٩٩,٩٪ من النشاط الإشعاعي الكامل! نعم، لكن نسبة ٠,١٪ المتبقية تكفي لوحدها لتبرير التدابير الاحترازية الأكثر صرامة.

... نحو القلب ذو النشاطية الإشعاعية

تبقى الدورة النووية في هذه الحالة ملوثة بترسبات غبار ذو نشاطية إشعاعية. تأتي تلك الجسيمات من تفتت مزيج العناصر المختلفة أو الأنابيب. وبعد أن ينقل هذا التدفق الجسيمات المعدنية (المكونة من الكوبالت والنيكل والفضة) تصبح مشعة لحظة مرورها في قلب المفاعل تحت تأثير القصف بالنيترونات. يتطلب هذا التلوث على الأقل غسلاً كامل الشروط. يقول فيليب بيرنيه Philippe Bernet، مدير "مركز هندسة التفكيك والبيئة" المساعد: "للأسف لم يأخذ العاملون بمفاعل شوز أ تدابير الحيطة لحظة توقف المفاعل، منذ عشرين سنة، إذ أن التلوث بدأ منذ تلك اللحظة". وهكذا ظهر مرة أخرى أن ضعف التحضيرات للتفكيك عقّد العملية.

الأمر جلي: فإذا كان من اليسير تفكيك الكابلات الكهربائية أو التجهيزات داخل المباني الملحقة فإن الوضع ليس كذلك بالنسبة إلى الدورة النووية... بسبب ضخامتها ونشاطيتها الإشعاعية في الوقت نفسه. يتطلب فصل أجزائها الكبيرة مثل محرك البخار –وهو محوّل حراري يتضمن ١٦٧٠ أنبوباً يكسوه الغبار السام الكثيف– ويتطلب قسطاً وافراً من المهارة والأعصاب الباردة. وتكشف إيستيل أوبير Estelle Obert، المسؤولة عن تفكيك مفاعل شوز أ، الوضع قائلة: "يتدرب التقنيون الذين يرتدون بدله الحماية المغطية لكامل الجسم على نماذج مصغرة ليضعوا بأسرع وقت ممكن المنشار الدائري على الأنبوب المطلوب قطعه." ينبغي على تلك العناصر، البالغ وزنها ١١٥ طناً وارتفاعها ١٥ متراً، أن ترفع وتنقل من الموقع بعد تحريرها. وأما فيليب بيرنيه فيقول: "فشلت محاولتنا الأولى في العام ٢٠١١م بعد عملية حساب خاطئة تقدر ببضعة سنتيمترات لمركز ثقل الآلة." ومنذ ذلك الوقت، نقلت محركات شوز أ الأربعة بسلاسة.

المشكلة بعد ذلك: ليس هناك مركز

إزالة التلوث

يسمح محلول كيميائي بكشط العناصر الكبيرة ذات النشاطية الإشعاعية على الجدران الداخلية الداخلية. وتمتد تلك العملية خمسة أسابيع تقريباً.

نــزع الأجزاء الكبيرة

يتعلق الأمر بتلك العناصر الكبيرة الملوثة، التي غالباً ما يزيد وزنها عن ٣٠٠ طن. إنها تفصل عن الدورة بحذر شديد. في الصورة هنا، الآلة الضخمة المولدة للبخار محول حراري تُرفع وتُنقل بشكل دقيق لتجنب سقوطها.

من مراكز النفايات يستوعب بشكل جيد تلك الآلات الضخمة والنشطة إشعاعياً. لكن تم منذ فترة وجيزة اختبار أحد الحلول شرحته إيستيل أوبير بالقول: "نحقن محلولاً كيميائياً حرارته ٩٠ درجة مئوية، فيقوم بنزع الطبقة السطحية للمعدن الملوث عن طريق تفاعلات الأكسدة والاختزال. وبعد خمسة أسابيع من المعالجة، تبيّن أن التلوث تراجع بنسبة معقولة" تكفي ليتمكن العمال من الاقتراب من هذا "الوحش".

ومع ذلك فالخطر لم يختف كلياً: لقد أفلت مئة أنبوب تقريباً من عملية الكشط الكيميائي لأن تلك الأنابيب سدت بإحكام بعد تسربات أو تشققات تعود إلى زمن عمل المحطة. يكمن خطر التفكيك في تفاصيل لا تخطر على البال... تقول إيستيل أوبير: "يعرف الجميع أن غرز أسفين في الحائط أسهل بكثير من سحبه منه: في الواقع، احتاج عمّالنا أحياناً إلى أسابيع عدة لسحب بعض السدادات المعاندة." يتم تنظيف الأنابيب المسدودة بقوة بواسطة الرمل. يوضح برونو كاهين Bruno Cahen، المدير الصناعي في "الوكالة الوطنية لإدارة النفايات الإشعاعية عالية الناشطية" (Andra) بالقول: "إن ميزة تلك العملية تقضي بتجنب تقطيع العناصر الكبيرة، وفي الوقت نفسه حصر النشاط الإشعاعي في مياه الصرف الصحي الذي لا تشكل معالجته صعوبة." يمكن القول في هذا

> **ينبغي أن يتدرب التقنيون الذين يرتدون بدلة الحماية على التصرف بسرعة**

الباب أن كل شيء جيد حتى الآن. هذا صحيح... لكن لحد الآن، لم يواجه المسؤولون عن شركة كهرباء فرنسا مشكلة التفكيك الكبرى: وهي قلب المفاعل حيث جرت هناك تفاعلات انشطار نووية على مدى أربعين عاماً في حالة مفاعل فيسينهايم. تخيلوا قِدْراً مرعباً، قد يفاجئنا محتواه، يزن ١٨٠ طناً تقريباً، مركّزاً في قعر حوض ماء، بعيداً كل البعد عن البشر، ولا يمكن لأحد باستثناء الروبوتات الاقتراب من جدرانه السميكة وتجهيزاته الداخلية. نشير في هذا السياق إلى أن الشركة التي استغلت المحطة النووية تفضل أن يقفل المفاعل نهائياً بدلاً من أن يغيّر القلب المعطّل نظراً لتعقيدات العملية وكلفتها الباهظة. ومن ثمّ نتساءل: كيف ستتصرف شركة كهرباء فرنسا مع الغلايتين الذريتين في محطة منطقة الألزاس Alsace؟

تقول إيستيل أوبير بخصوص هذا الموضوع: "في شوز أ، لم نستطع لحد الآن سوى فصل الحوض عن التوصيلات

D.FILIPONE/EDF - S.CONSEIL/EDF

تحدي فك قلب المفاعل

إن قلب المفاعل النووي هو ذلك المكان الذي تحترق فيه مادة اليورانيوم، ذلك العنصر الذي يتعذر الاقتراب منه والتعامل معه. فضلاً عن أن ذلك القدر العملاق يزن حتى ٤٥٠ طناً وضع في قعر المفاعل، وجدرانه عالية النشاطية الإشعاعية، ظل خلال عقود عدة تحت تأثير التفاعلات النووية. وبعد سنوات من الدراسة، وضعت شركة كهرباء فرنسا سيناريو التفكيك التالي...



١ ينبغي أولاً نزع غطاء قلب المفاعل

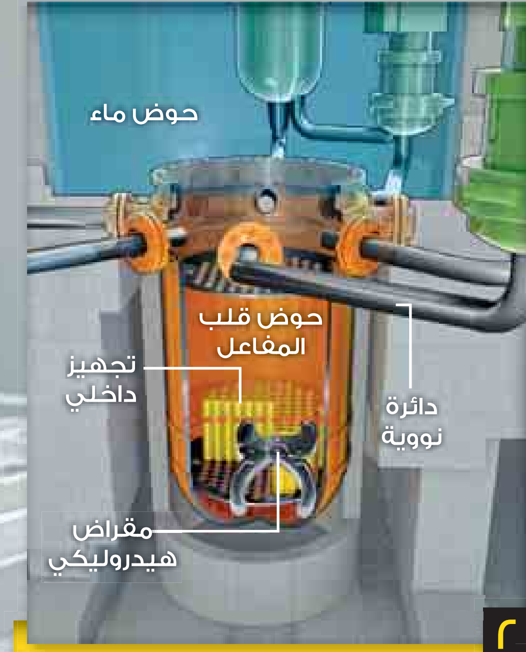
يرفع غطاء قلب المفاعل مع تجهيزاته (قضيب التحكم ومقابض التحكم...): تـزن تلك المجموعة ٢٠٠ طن تقريبـاً. في الوقت نفسه يملأ مهندسو شركة كهرباء فرنسا حوض الماء الموضـوع فوق القلب. ما الهدف من ذلك؟ إيقاف الإشعاعات التي تنبعث من قلب المفاعل، وبالتالي حماية العاملين.

الأساسية. لم تكن المسألة سهلة: تطلب ذلك العمل قرابة شهر ونصف لفصل ثمانية أنابيب لم يجعلها المهندسون الذين صمموا المفاعل في المتناول." والحقيقة أن المكان يصعب على الجميع الوصول إليه. وماذا بعد؟ يجيب فيليب بيرنيه قائلاً: "بعدئذ، وضعنا سيناريو مفصلاً، تتكون فكرته الأساسية من غمر قلب المفاعل في ماء كثير وعميق لحماية العاملين من الإشعاعات وفي الوقت نفسه حصر الغبار خلال عملية القطع. إنها تقنية سبق وتم تجريبها على مفاعل سويدي."

مقنع نظرياً

من المتوقع أن ينتهي موضوع قلب المفاعل شوز (أ) حوالى العام ٢٠١٩م. وبهذا الصدد تقول إيستيل أوبير مازحة: "سيتم ذلك عندما يُقطَّع قلب المفاعل إلى ١٢٧ قطعة على شكل صدف سلحفاة موزعة في علب مغلفة بمادة الرصاص." تلك هي خطط شركة كهرباء فرنسا بالتفصيل لأول مرة (راجع الصورة البيانية المقابلة). بعد الأوعية الدموية،الأعضاء الكبيرة والقلب، لن يبقى سوى نخر هيكل مبنى المفاعل. أو بتعبير أدق، تطهير الأرضيات والجدران والسقوف التي لامست عناصر ذات نشاطية إشعاعية.

وبصورة عامة، فإن سرعة تنقل العناصر المشعة في داخل المواد يصعب حسابه. حتى لو كان التنظيف بخرقة مبلولة يكفي أحيانا فإنه ينبغي في أغلب الأحيان استعمال آلة تفريز أو حبل ألماس لنزع ٢,٥ سم من سماكة الإسمنت على أرضية سكبت عليها مياه الصرف الصحيّ، بل نصل أحياناً إلى نزع ٣٥ سم من سماكة المباني القريبة من قلب المفاعل. وبعد تنظيف المحطة، تفقد



روبوت يقطع تجهيزات قلب المفاعل الداخلية...

تقطع ذراع آلية مسلحة بقص هيدروليكي تجهيزات قلب المفاعل الداخلية. تلك البنى التي كانت تُثَبِّت قضبان الوقود في مكانها، هي متشابكة إلى حد كبير وعالية النشاطية الإشعاعية.



... الذي ينفصل لاحقاً عن الدورة النووية...

من أجل فصل قلب المفاعل عن باقي الدورة النووية، ينبغي أن ينزل رجال شركة كهرباء فرنسا إلى قعر المفاعل، تحت أرضية حوض الماء. تتم عملية قطع تلك الأنابيب الستة السميكة في مكان بعيد المنال وكثيف التلوث.



...استخراج قلب المفاعل من مكانه...

حالما يحرر قلب المفاعل من قيوده، تسحب رافعة هذا الحوض الكبير وتضعه جانباً في "ورشة" مجهزة في قعر حوض الماء. إنها عملية يشاهدها العمال عن بعد: في الواقع، من الضروري أن تتم العملية في مكان جاف كلياً أي من دون الحماية التي يؤمنها الماء، إلى أن يقفل حوض الماء بإحكام.



... ويقطّع في النهاية إرباً إرباً

حالما يملأ حوض الماء مجدداً، يرسل عامل الكهرباء أدواته الآلية لتقطّع قلب المفاعل الموضوع في قعر حوض الماء. يجنب العمل تحت الماء انتشار الغبار الملوث ويحمي العمال من إشعاعات قلب المفاعل. إذا ما جرت كل الأمور على ما يرام، سيقطّع قلب المفاعل إلى ١٢٧ قطعة توضع لاحقا في علب مغلفة بمادة الرصاص.

مشكلة النفايات

من الناحية القانونية، لا يمكن أن تشرع شركة كهرباء فرنسا في أي عملية فكّ من دون حل مسألة النفايات المشعّة التي ما تزال معلّقة...



الطرود

يصنف كل من الإسمنت والفولاذ والكابلات المشعّة بحسب درجة حدتها. ثم تُجمَّع أو يتم وضعها في براميل محكمة الإغلاق.

المنشأة صفتها، كمحطة نووية، لتصبح... مبنى كغيره.

نظرياً، يبدو هذا السيناريو العام مقنعاً إلى حد ما، حتى لو أن "شركة كهرباء فرنسا ستواجه من الناحية العملية العديد من المشاكل غير المتوقعة والمفاجآت السيئة" بحسب رولان ديبورد Roland Desbordes.

لا تنتظروا أن يتحول موقعاً مفككاً إلى مروج خضراء

يشير تييري تشارلز Thierry Charles، ممثل شرطة الأمن النووي، إلى أن "عمليات التفكيك التي أنجزت في الخارج تظهر أن لا مشكل يتعذر حلّه من الناحية التقنيّة." على كل حال، فإن تقنية مفاعلات الماء المضغوط (REP) المستعمل في المجموعة الفرنسية، يبدو أن تفكيكها يبدو أسهل من تلك المعتمدة على التقنيات الأخرى العاملة على الغرافيت والغاز... مع التذكير بوجود ورشات إعادة معالجة الوقود في لاهاغ La Hague التي يستحيل دخولها!

لقد أزيل مفاعل الماء المضغوط الأمريكي في ماين يانكي (Maine Yankee) في أقل من عشر سنوات أمام أعين مهندسي شركة كهرباء فرنسا المذهولين. هذا الأداء يستحيل تطبيقه في محطة فيسينهايم بسبب الإجراءات الصارمة الفرنسية. أما بالنسبة إلى الخمسة مفاعلات بمحطة غريفسوالد (Greifswald) الألمانية فأعلن غوندرون أولدينبيرغ Gudrun Oldrenburg التابع لمؤسسة التفكيك "أ.و.ن" EWN، أنه "سُحب قلب المفاعل من المفاعلات كلها"، مضيفاً: "كان ذلك تحدياً تقنياً ولوجيستياً اضطرّنا في بعض الحالات إلى إعادة النظر في حساباتنا." ينبغي ألا نستخلص من ذلك بأن إزالة المفاعلات الفرنسية الـ ٥٨ إجراء شكلي، حيث يقول ألان إينسوك، التابع لمركز هندسة التفكيك والبيئة: "ينبغي الحذر من التعميم والتسرع في التقدير، لأن كل وحدة من تلك الوحدات تتسم بمواصفاتها الخاصة." وهكذا نرى أن ثمة أمر مؤكد: يعِدُ السوق بغنيمة كبيرة للصناعيين.

لكن ينبغي إيجاد مخارج تتكيف مع كل تلك النفايات الخطرة نسبياً لتجنب أي تعطل جاد! يستقبل مركزا تخزين في مقاطعة أوب Aube (فرنسا) النفايات قصيرة المدى، منخفضة النشاطية، الناتجة عن تفكيك المختبرات والمفاعلات القديمة. لكن النزاع حول رخصة بناء مركز تخزين النفايات الأخطر في بوجي Bugey (إين Ain)، المتوقع افتتاحه في العام ٢٠١٤م، يعرقل حالياً الكثير من عمليات التفكيك. يصر برونو كاهين على التأكيد بأن "الوكالة الوطنية لإدارة النفايات عالية النشاطية الإشعاعية ستصبح جاهزة لاستقبال نفايات محطة

النقل

تنقل طرود النفايات بتدفق محدود إلى مركزي تخزين الوكالة الوطنية لإدارة النفايات عالية النشاطية الإشعاعية الواقعين في شمالي شرقي فرنسا.



التخزين

يستقبل مركزا سولين (Soulaines) ودو مورفيليه (de Morvilliers) – صورة – النفايات ذات النشاطية الإشعاعية المنخفضة جداً. ومن المتوقع أن تختفي كلياً بعد ثلاثمئة سنة كحد أقصى. لكن النفايات الأخطر ما تزال تنتظر إيجاد موقع للتخزين...

فيسينهايم بتدفق معين. فقد سمحت، في الواقع، أعمال أبحاثنا بتحسين درجة تكديس النفايات بنسبة ٤٠٪، ونفكر في إعادة تدوير بعض المواد الملوثة في الصناعة النووية: قد تصبح المعادن طرود نفايات." نحن لا نستبعد بتاتاً أن تضطر شركة كهرباء فرنسا، بعد تضخم حجم النفايات، إلى تخزين نفاياتها في بعض مواقعها النووية الـ ١٩...

ذلك أنه لا ينبغي أن ننخدع: لن يصبح أبداً موقع فيسينهايم الواقع على ضفاف قناة الألزاس الكبيرة Grand Canal d'Alsace مراعي خضراء! بل تنوي شركة كهرباء فرنسا أن تعيد استعمال مساحاتها الثمينة لإنتاج الكهرباء أو لأي إنتاج صناعي آخر. وفي هذا السياق، يضيف رولان ديبورد قائلاً: "ستكون شركة الكهرباء حذرة ولن تعد (بعودة إلى العشب) لأن الأرض لن تخلو من بقايا ذات نشاطية إشعاعية من تلك التجهيزات." فمن المعلوم أن المحطات تشهد أحياناً حوادث أو عمليات خاطئة تؤدي إلى بعض التسربات في الطبيعة.

إن إزالة التلوث بصفة كاملة عمل جبار يتطلب اقتلاع ملايين الأمتار المكعبة من التراب. يقول آلان إينسوك بهذا الشأن: "عندما نتصور أننا اقتلعنا حتى آخر بيكريل becquerel (وهي وحدة إشعاعية صغيرة) من موقع ما، ستتابع سلطات السلامة أخذ الحيطة وتمنع مثلاً من إنشاء حديقة أطفال في ذلك المكان." ويضيف بلهجة رسمية: "ينبغي في مطلق الأحوال ألا ننسى كيف استعملت هذه المواقع ذات الطابع الخاص." وهكذا فموعدنا في محطة فيسينهايم حوالى العام ٢٠٣٦م بعد الانتهاء من تفكيك الموقع.

السؤال حول كلفة هذا التفكيك مطروح

تؤكد شركة كهرباء فرنسا أن تفكيك المفاعلات الـ ٥٨ ضمن مجموعتها الحالية سيكلفها ١٨,١ مليار يورو... إنه رقم أقل مما نتصور، لأنه -وبحسب تقرير أصدرته مؤخراً مجلس المحاسبة- يبدو هذا الحساب النظري متفائل جدا: باعتبار مجموعة المفاعلات نفسها، فإن وسيلة التقدير المستعملة في اليابان تعطي نتيجة ٣٩ مليار يورو، بل ٤٦ ملياراً بحسب طريقة الحساب المعتمدة في بريطانيا... وحتى ٦٠ ملياراً في ألمانيا! إنه اختلاف يعكس الشكوك الكبيرة السائدة في هذا الحقل.

C.HELSLY/EDF - S.RICHARD/EDF - LES FILMS ROGER LEENHARDT/ANDRA

(1) DEMANTELEMENT NUCLEAIRE… MAIS COMMENT EDF VA S'Y PRENDRE?, Science & Vie 1145, pp 92-103
(2) Vincent Nouyrigat



هل يمكن الاستفادة من الأعاصير؟[1]

اقترح باحثون صنع غيوم اصطناعية لتبريد البحر، بواسطة مراكب تبث الضباب. فقد يؤدي ذلك إلى تهدئة الأعاصير.

بقلم: رينيه كويورييه[2]

التاريخ: ١٠ أكتوبر ٢٠٥٠م؛ المكان: في مكان ما وسط المحيط الأطلسي. في المحيط، تبرز مئات أنابيب المياه نحو السماء. هل هو قطيع من الثدييات البحرية؟ لا، في الواقع، ليست حيتاناً، إنه أسطول صغير من "المراكب الدوارة" التي يتم التحكم فيها عن بعد – إنها أشبه بالمراكب المائية بلا قبطان، تدفعها قوة الهواء وحدها. تمتص مياه البحر وتقذفها في الجو على ارتفاع مئات الأمتار. ما الهدف منها؟ تسكين الزوبعة الهائلة التي تتعقبها... علينا أن نسرع: هناك ٢٠ مليون شخص في خطر! إنه مجرد إعصار متوسط الحجم، يساوي قطره نحو ٥٠٠ كلم، ويؤدي إلى تساقط أمطار إعصارية مدمرة وهبوب رياح تصل سرعتها إلى ٢٠٠ كلم في الساعة، قادرة على الإطاحة بالمنازل وكأنها كعكات مسطحة! إضافة إلى ذلك، يؤدي هذا الإعصار إلى تشكّل جبل مائي يتراوح ارتفاعه من ٥ إلى ١٠ أمتار، يدفعه أمامه فيخلي شاطئاً خلاءً من رماله كأنه آلة تنظيف.

إضاءة

تعني الزوبعة، والإعصار وإعصار التيفون الظاهرة عينها في الأرصاد الجوية. تستعمل الكلمة الأولى للعواصف في شمال المحيط الأطلسي وشمال شرق المحيط الهادئ. وتستعمل الكلمة الثانية في المحيط الهندي وجنوب المحيط الهادئ، والكلمة الثالثة في شمال غرب المحيط الهادئ.



باختصار، خلال ٣ إلى ٤ أيام من الأعاصير، يمكن لإحدى هذه العواصف أن تطلق مقداراً من الطاقة يوازي ما تستهلكه البشرية كل عام! تخيلوا الأضرار التي تلحق بمدينة مثل ميامي (Miami) بالولايات المتحدة أو ببور أوبرانس (Port-au-Prince) بهاييتي (Haiti)! هل سيعيش سكان جزر الكاريبي هذه التجربة الفظيعة بعد ٤٠ عاما، وهم ينتظرون النجدة القادمة من الأسطول العملاق المؤلف من المراكب البحرية ذات الأنابيب الضاخة للمياه لتفادي هذه الكارثة؟ هذا ممكن... في أيامنا هذه، تقتل الأعاصير نحو ١٠ آلاف شخص كل عام، وكلفة الأضرار التي تتسبب فيها (مساكن، شبكات كهربائية، طرقات، منشآت مرفئية...) تصل إلى ٣٨,٦ مليار يورو (ما يعادل ٢٠٠ مليار سعودي). وفي عام ٢٠٥٠م، فالأمور قد تسوء أكثر، ليس لأن عدد السكان الذين يعيشون على السواحل المعرضة للسقوط يكون قد تزايد إلى حد كبير، بل السبب الإضافي يتمثل في احتمال كون ارتفاع حرارة الأرض سيساهم في تشكيل عدد أكبر من الأعاصير الكبيرة. ستقولون: حسناً لا بأس. لكن كيف يمكن لإطلاق زوابع مائية في الجو أن يحل المشكلة؟ تابعونا جيداً،

وحش قد يكون مفيداً...

ليست الأعاصير مدمرة فحسب: فهي توفر جزءاً كبيراً من الأمطار التي تروي أميركا وآسيا. بدونها، يتلقى اليابان مثلاً نصف كمية الأمطار التي يتلقاها اليوم! وفي بعض الأحيان نجد أن أعاصير فتاكة قد ساهمت في إنقاذ مناطق كاملة من الكارثة. وهذا ما حصل مع إعصار كاميل (Camille)، عام ١٩٦٩م، الذي أودى بحياة ٢٥٩ شخصاً في جزر الكراييب في الولايات المتحدة الأمريكية وتسبب في أضرار تساوي ١٠ مليار دولار. لكنه في الوقت ذاته، أنقذ ربع الولايات المتحدة الامريكية وأميركا الوسطى بكاملها، وعلى رأسها المكسيك، من الجفاف – كما أنقذ بعض البلدان من المجاعة.



المياه الغزيرة للعواصف الاستوائية (هنا في هاييتي) تنقذ الشعوب من الجفاف

A. CUBILLOS/AP/SIPA

لهذا السبب، يعترض باستمرار كل من المكسيك، واليابان والصين على التجارب الهادفة إلى تبديد الأعاصير، والتي تجريها بشكل خاص أستراليا والولايات المتحدة الأمريكية. فأوقفوا بذلك المشروع الأميركي ستورمفيوريّ (Stormfury) عام ١٩٧١م (مع أننا نعلم اليوم أن الطريقة المستخدمة لا فرصة لها بالنجاح). وفي عام ١٩٧٧م، حصلوا على حظر من الأمم المتحدة حول التلاعب بالأرصاد الجوية، سيما ذلك الذي له أغراض عسكرية.

وأحدث ما في الأمر هو أن طريقة آلن غاديان Alan Gadian لا تهدف إلى منع تشكل الأعاصير بالكامل، ثم إن الباحثين فكروا أيضاً في دراسة عواقبها على معدل الأمطار في البلدان المجاورة. والاستنتاج الذي توصلوا إليه هو التالي: لن يكون هناك تغيير في معدل الأمطار، وحتى إن حدث فهو تغيير طفيف. ورغم ذلك فهم يقرّون بوجوب إجراء محاكاة أخرى قبل القيام بتجربة بالحجم الحقيقي حول منع تشكل الأعاصير.

فالأمر بسيط تماماً.

وحوش تَوَّاقَة للهواء الساخن

الزوابع، والأعاصير وأعاصير التيفون تستخدم جميعها الهواء الساخن المشبع بالرطوبة الذي نجده فوق البحار الاستوائية (انظر الشروحات في الصفحة المقابلة).

الشروط المثالية؟ مياه تتجاوز حرارتها الـ٢٦ درجة مئوية على عمق ٢٠ متراً لكي يكون التبخر والحرارة كافيين... لهذا السبب لا ينجح الأمر إلا عندما تسطع الشمس بقوة، في المنطقة الاستوائية. الهدف من ضخ المياه هو تحفيز تشكل الغيوم البيضاء الساطعة بشكل اصطناعي، وهي تعكس جزءاً من أشعة الشمس إلى السماء. النتيجة: يصبح البحر، في ظل الغيوم، أكثر برودة بقليل وتقل نسبة تبخره. نتيجةً لذلك، على الإعصار أن يكتفي بهواء أقل جفافاً وبرودة، وهو أمر لا يحبذه على الإطلاق.

يقضي دور المراكب ذات الأنابيب الضاخة للمياه بتبريد كامل لخط البحر الواقع في المسار المستقبلي للوحش العملاق. ومن شأن ذلك إيقافه بالكامل؟ هذا غير صحيح... لأن تبديد الإعصار سيبقى خارج متناول التقنيات البشرية الضعيفة لفترة من الوقت، حتى منتصف القرن الواحد والعشرين. إضافة إلى ذلك، لا نعلم على الإطلاق إن كان يجدر حصول ذلك (انظر الإطار أعلاه "وحش قد يكون مفيداً..."). لا، بل ما يأمله مهندسو الأرصاد الجوية هو أن تدخل الإنسان سيجعل العاصفة تضرب المناطق المأهولة بالسكان بحدة أقل مما قد تفعله دون تدخله... فإلى أي مدى يمكن إضعاف حدة العاصفة؟ لا أحد يعلم ذلك بالتحديد لأنه حتى الآن، اقتصرت التجارب على المحاكاة عبر الحواسيب.

تحفيز المطر والطقس الجميل: معضلة حقيقية

إن قمتم بضخ الهواء بالمياه أو الغبار، هل تتغير حال الطقس؟ مبدئياً أجل. في الطبيعة، تتكدس جزيئات المياه في الغلاف الجوي حول كتل الغبار، مما يؤدي إلى تشكيل قطرات الماء المعلقة، أو بتعبير آخر الغيوم. إن أدخلنا فيه كميات إضافية من كتلة إضافية من الجزيئات، سنتمكن من تكثيف الغيمة، فتصبح بذلك القطرة ثقيلة جداً بحيث يهطل المطر، البرد أو يتساقط الثلج، في لحظة محددة. سبق أن استعملت هذه التقنية لمحاولة تبديد غيمة برد تهدد المزروعات أو لتساقط الثلج فوق مركز تزلج. لكن لا أحد يعلم إلى أي حدّ سينجح ذلك. نأخذ على سبيل المثال الألعاب الأولمبية في بيكين عام ٢٠٠٨م. تبجحت الصين كثيراً بفوائد صواريخ غبار يودات الفضة: كانت لتحدث أمطاراً "مضبوطة" لتنظيف الجو من الملوثات والمحافظة على الطقس الجميل في المواقع الأولمبية. إلا أنه بالنسبة إلى علماء الأرصاد الجوية، من المستحيل التأكيد أن تلك الأمطار ما كانت لتهطل بجميع الأحوال، حتى بدون الصواريخ! غلافنا الجوي متقلب (ويصفه علماء الفيزياء بأنه فوضوي): توقع حال الطقس في الأيام الثلاثة المقبلة فيه التباس، وهو أمر شبه مستحيل خلال مدة تتجاوز العشرة أيام. لذا من الصعب جداً قياس الفاعلية الحقيقية لهذه الأعمال.



بغية هطول المطر، يطلق الصينيون على الغيوم صواريخ من يوديد الفضة.

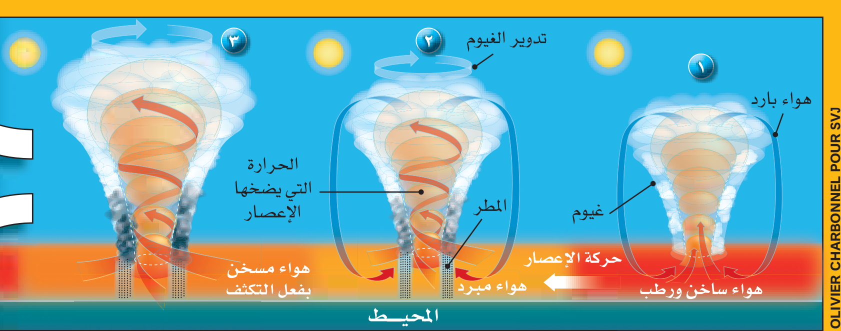
LI TONGZHOU/XINHUA/AFP

كيف نحد من تضخم الإعصار؟

١ قـرب سطـح المحيطات الاستوائية، يكون الهواء ساخناً ومشبعاً بالرطوبة في الوقـت عينه. ومن المعروف أن الهواء الساخن يرتفع. لكنه يبرد بارتفاعه في الجو: فيتكثف جزء من البخار الكامن فيه ويتحول إلى غيوم.

٢ لكـي تشـق طريقها في كتل الهــواء الباردة، لا خيار آخر أمــام جزيئات الهواء الساخن ســوى أن تدور بشكل لولبي وكأنهــا تصعــد في قمـع! وهذا تماماً يشبــه تسرب المياه عبر ســدادة المغسلة. وهكذا تجذب دوامــة الهواء الساخن المتشكلة بهذه الطريقة خلال دورانها جميع الغيوم المحيطة بها. فيبدأ الإعصار بالدوران.

٣ وبينما يصعد الهواء الساخن، ينزل الهواء البارد الأكثر ثقلاً من جديد. وحين يقترب من السطح، يـبرّد طبقــة الهواء الساخن الموجودة قــرب المحيط ويكثف البخار الموجود فيهــا. فيظهر المطر، ويؤدي تحـول البخــار إلى قطرات مــاء إلى إطلاق حــرارة هائلة: ومجــدداً ينتقل الهــواء المسخّــن إلى أعلى الإعصار. من الناحية النظرية، تتوقف هذه الآلة المدمرة حين يغدو الهواء في قاعدتها بارداً وجافاً...



٤ ...إلا إذا وجــد الوحشــن أمامه، بعد أن دفعته ما يسمى بالريــح التجارية (trade wind)، طبقات جديــدة مــن الهــواء الساخــن والرطب فيزداد شدة. ومــا كان مجرد عاصفة هوجــاء في وسط أفريقيا يصبح بذلك، بعد عبوره الأطلسي، كارثة طبيعية فتاكة.

٥ يمكــن لأسطول صغير مــن المراكب الدوارة أن يحــول دون حصول ذلك مــن النــاحية النظرية. في الواقع، تعكس الغيوم التي تحدثها المياه التي تُضخ من المراكب نور الشمس قبل أن يلمس سطح المحيط. وبذلك يجمّع هذا الأخير كمية أقــل مــن الطاقة فتخف قدرته على تسخين الجو على سطحه. ومن ثمّ يجد الإعصار أمامه هواءً أكثر برودة، وأقل رطوبة مما يحدّ من إمكانية نموه.

مراكــب تقــوم بقــذف الــرذاذ الضخم!

آلــن غاديــان وزمــلاؤه مــن جامعــة ليــدز (Leeds) في المملكــة المتحــدة هــم الذيــن خطــرت لهم هــذه الفكــرة النيّرة الهادفــة إلى جعــل الغيــوم أكــثر بياضــاً وعاكســة أكــثر للضــوء، وذلــك بواسطة مئات الــزوارق الآلية. منــذ بضعة أشهر، أجــرى هــؤلاء الباحثــون مجموعــة مــن الحسابــات مــن خــلال برنامــج متطور، "هادجيــم ١" (HadGEM1)، يحاكــي جميــع التفاعلات بــين المحيطات وغلاف الأرض الجــوي: تيارات بحريــة، وتبخر، وأمطار وعواصف... كل شيء مدرج فيها. والنتيجة؟ لقد ظهر تــدني معدل سرعة ريــاح الأعاصيــر في نماذجهــم حتى ٣٠ إلــى ٥٠ كلــم بالســاعــة، ومستوى المــدّ في العواصــف تقلــص بعشــرات السنتمترات. وبعبارة أخرى، وبلغة علماء الأرصــاد الجويــة: تدنــت قــوة الإعصار بدرجة واحــدة. وحين نتحــدث عن الأمر بهــذه الطريقــة، لا يبــدو أنــه ذو أهمية. إلا أن الانتقــال من درجــة إلى أخرى أمر مخيف جداً! دعنا نوضّح ذلك:

الانتقــال مــن الدرجــة ١ إلى ٢: يمكنكم القــول "وداعاً" لأشجــار البابايا في الحديقــة. وعليكــم تجنب الخــروج لئــلا ترتطم بكــم مزهرية طائــرة بسبب العواصــف، وتوقعــوا البقــاء بــلا مــاء

إضاءة

المــد النــاجــم عن العاصفــة هــو ارتفــاع غير طبيعي في مستوى البحر إثر تقلص شديد في وسط الإعصار (من شأنه رفع المياه) وحِدَّة الهــواء عنـد الحــدود، مما يدفع المياه أمام الإعصار.


تعرض مرفأ ستيورت في فلوريدا لهجوم الإعصار فرانسيس عام ٢٠٠٤. قد تصل الرياح عند حدود الإعصار إلى ٢٥٠كلم في الساعة...

MIAMI HERALD/SIPA


... ولا يمكن لأي شيء التصدي لها. سكان برايتويت (Braithwaite) هؤلاء في لويزيانا يقومون بتقدير الأضرار بعد مرور إعصار أيزاك في أيلول/سبتمبر عام ٢٠١٢.

G. HERBERT/AP/SIPA

ولا كهرباء لأيام عديدة. بدءاً من الدرجة الثالثة، يغدو الأمر مخيفاً. وعند الانتقال إلى الدرجة الرابعة، إن لم يتطاير سقف منزلكم، فأنتم محظوظون! أما النباتات، فستجدونها منفصلة عن الأرض كالسبانخ: عليكم انتظار عقد من الزمن قبل أن تعود إلى طبيعتها. وفي الدرجة الخامسة: إليكم نصيحة واحدة... لا تبقوا هنا! فهناك عدد قليل من المباني سيحالفها الحظ بمقاومة عنف هذا الإعصار. أترون الوضع؟

والآن ضعوا أنفسكم مكان ضحايا الكارثة في المستقبل وتساءلوا إن لم يكن تخفيض حدة الإعصار بدرجة واحدة جديراً بالاهتمام! أجل، لكن إلى أي حدّ يمكن الوثوق بهذه النتائج؟ منذ أكثر من ٥٠ عاماً، نحاول التحكم في الأرصاد الجوية برش المياه، والثلج أو الغبار — غالباً ما تؤدي يودات الفضة، بما في ذلك البلورات التي تشبه الثلج كثيراً بتشكيلها، إلى تحفيز التصاق جزيئات المياه الموجودة في الهواء (انظر الإطار في ص٦٠ حول الطريقة الصينية تحت عنوان "تحفيز المطر والطقس الجميل: معضلة حقيقية).

وأقل ما يمكن قوله هنا هو أنه حتى الآن، لم تثبت النتائج شيئاً. والسبب واضح: كميات يودات الفضة أو الثلج المتناثر بين الغيوم بواسطة الطائرات ضئيلة جداً، نظراً لصغر حجم خزاناتها. في حين أن أسطولاً من الزوارق الآلية التي تضخ الماء من تحت عواماتها، سيجعل كميات مياه البحر المتناثرة في الجو هائلة. ويكفي ذلك لكي تدرج المحاكاة الإلكترونية للغلاف الجوي في حساباتها تأثيرات تلك الكميات الكبرى من المياه. كما أنها تأخذ بعين الاعتبار التبخر الطبيعي للمحيطات أو تأثير العاصفة الرملية على الصحراء... وهذا في الواقع ما يجعلنا نؤكد أن خطة آلن غاديان للحد من قوة الأعاصير أكثر قابلية للتصديق من غيرها. ذلك أن المحاكاة حاسمة: الغيوم البيضاء الساطعة المصنوعة بهذه الطريقة تعكس بفعالية كبرى نور الشمس.

لكن الثورة الفعلية ستكون بالأحرى بصنع وبناء زوارق أشبه بعلم الخيال، قادرة على البقاء بدون صيانة طوال أشهر. في الوقت الحالي، مازالت هذه التقنية خارج نطاق الصناعة. ومن حقنا أن يحدونا الأمل في أن يتحقق ذلك خلال الأربعين سنة القادمة!

(1) PEUT-ON DOMPTER LES CYCLONES?, Science & Vie Junior 279, pp 56-59
(2) René Cuillierier



أخبار علمية

السباحة تجعل الأطفال أكثر ذكاءً

تسهّل ممارسة السباحة بانتظام منذ الصغر تنمية مجموعة واسعة من الملكات المعرفية. إنها الخلاصة التي توصّل إليها الباحثون الأستراليّون الذين قارنوا نتائج اختبارات متنوعة خضع لها ١٧٧ سباحاً صغيراً، أعمارهم أقل من ٥ سنوات. وتمت متابعتهم مدة ثلاث سنوات ومقارنتهم مع غيرهم من الأطفال الذين لم يمارسوا السباحة. تميّز السابحون الصغار بثقة أكبر من الأطفال الآخرين، فبدوا أكثر كفاءة في الحساب والقراءة، والكتابة، والقصّ، والتلوين، والرسم، والتعبير الشفهي. كما يساهم التعلّم المبكر لهؤلاء الأطفال الاندماج المدرسي بشكل أفضل. المجلة الأسترالية للطفولة المبكرة"، ٢٠١٢م (Aust.J. Early Childhood، 2012)

نواة الذرة

لم تعد كما كانت[1]

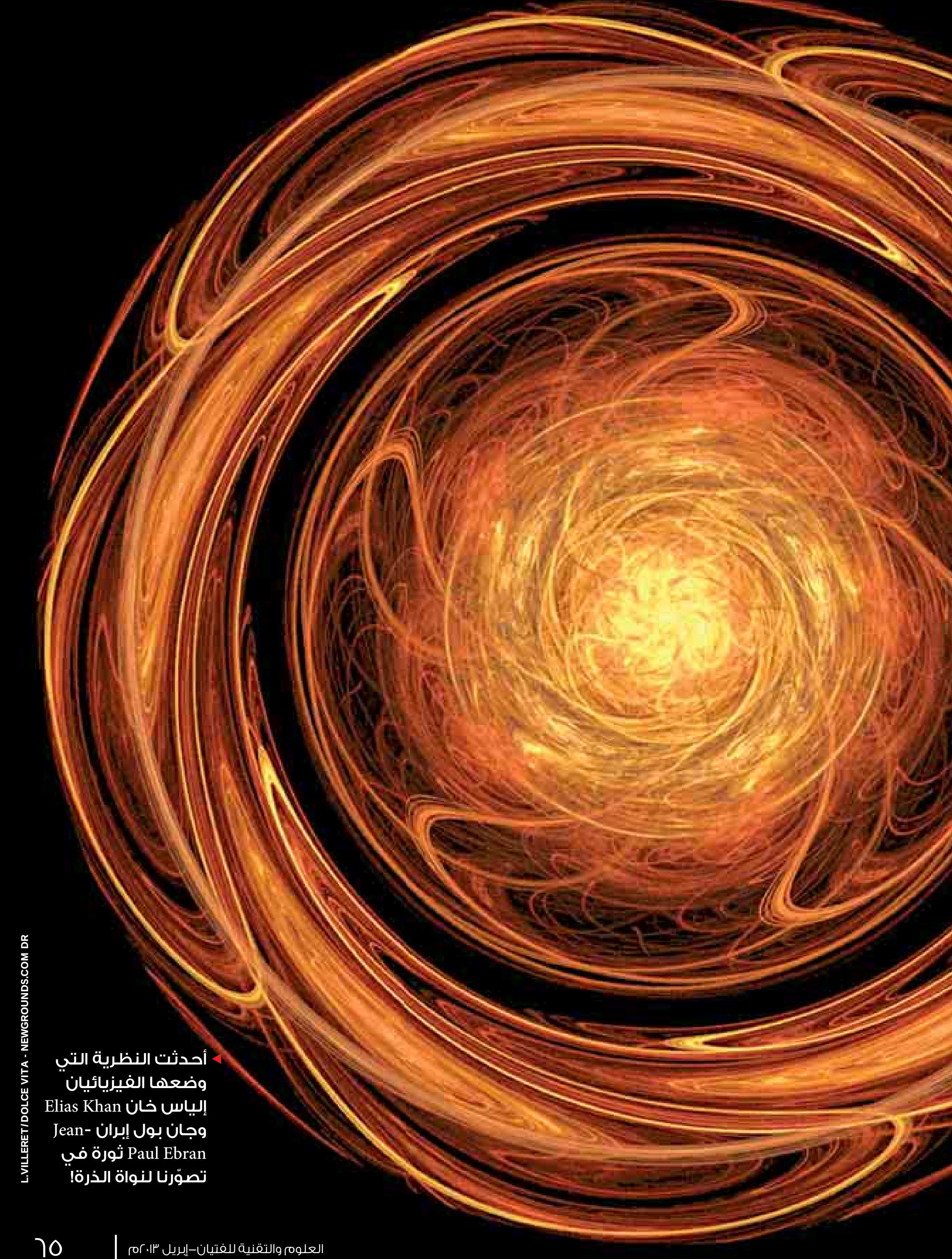
حسبنا أنّ المسألة حُسِمت: نظرياً، كانت نواة الذرّة تقتصرُ على عنقود جسيمات ملتصقة ببعضها البعض. المشكلة: لقد كشفت اختبارات وجودَ تشكّلات ذرية... غير قابلة للتفسير. حدث هذا قبل أن يوضّح باحثان فرنسيان شابان ما يحدث فعلاً في قلب المادة. إنه اكتشاف باهر.



بقلم: ماتيلد فونتز[2]

نواة الذرة ليست شبيهة بالفراولة أو بعنقود عنب: ليس لها أي وجه شبه بكرة من الجسيمات المتلاصقة ببعضها البعض والتي تظهر في الموسوعات كلها! ذلك ما تبيّنه الرؤية الجديدة لقلب الذرّة التي اقترحها فيزيائيان، وهي رؤية تميزت بانسجامها مع الواقع. من هنا، يتضح أنّ النواة عبارة عن حشد مواد في حال اضطراب لا يمكن التقاطها، تكون تارةً في هيئة محيط قطرة سائل وتارة أخرى في هيئة محيط شبكة صلبة وهندسية لفقاعة زبَد أو لكرة محاطة بهالة...

هذا الموضوع بالغ الأهمية. نواة الذرّة التي تحوي جمعاً كثيفاً من البروتونات والنيوترونات ستظل بالغة الصغر، فحتى إن كانت الذرّة ومجموعة إلكتروناتها بحجم مبنى ضخم، لن تتجاوز النواة حجم الذبابة. تشكّل نوى الذرات ٩٩,٩٪ من كتلة الكون. ومن خلال إيجاد القوانين التي تحكم هذه التحولات وعبر الإمساك بتلك الذبابة التي تختبئ في أعماق المبنى الضخم وتشريحها وإنتاج نموذج لشكلها، اقترح إلياس خان Elias Khan وجان بول إبران Jean-Paul Ebran -وهما فيزيائيان من معهد أورسي (Orsay) بباريس للفيزياء النووية التابع لهيئة الطاقة الذرية- رؤية مغايرة تماماً وبعيدة جداً عن التصورات الساذجة التي سجّلها الخبراء وأصحاب النظرة القصيرة...



أحدثت النظرية التي وضعها الفيزيائيان إلياس خان Elias Khan وجان بول إبران Jean-Paul Ebran ثورة في تصوّرنا لنواة الذرة!

L.VILLERET/DOLCE VITA - NEWGROUNDS.COM DR



النواة السائلة:
نُويّات فوضوية الحركة

النتائج الأولى للنظرية الجديدة: مـن خـلال نمذجة التفاعلات بين البروتونات والنيوترونات بشكل أدق يُلاحظ تشكّل غمامة نويّات مضطربة على عكس الوصف الشائع للنواة.



النواة الجزيئية:
نويّات مركّزة في شبكة هندسية

بعض الأنوية الخفيفة مستقرة إلى حد كبير لأن نويّاتها تتجمّع في حشود كما تفعل ذرات الجزيء... مثل نواة النيون الناتج من النموذج الجديد.



النواة الفقاعة:
نويّات مركّزة على الحواف

عندما تطبّق النظرية الجديدة على النواة الغنية بالبروتونات تنشأ فقاعات. تتباعد النويّات وتشكّل صَدَفة. إنها ظاهرة تنبأت بها نماذج خصصت للنوى الثقيلة.

إنها بحق الصورة الحديثة الأولى لقلب المادة.

من كان ليصدّق؟ من كان ليصدّق أنّه ما زال لدى الفيزياء النووية أمر بالغ الأهمية تكشفه؟ بدا أنّ هذا الفرع من الفيزياء قد نجح في إنجاز مهمته المتمثلة في استكشاف نواة الذرة. كنا نفسّر تنوع الذّرات من خلال عدد النويّات فيها (أي عدد البروتونات والنيوترونات) ونتنبأ تقريباً بكل خصائص النواة بدقة لامتناهية. لمَ بعضها مستقر ولم بعضها الآخر إشعاعيّ وينشطر خلال أعشارَ الثانية؟ كيف يتم الانشطار عند وقوع تصدع نووي؟ بدا أنّ مصير نواة الذرة قد سُوّي وتوقّعنا ألا تثير دراستها سوى شجارات حول تفاصيل لن تهمّ معظم علماء الفيزياء.

وما كان يرجح هذا الرأي هو أن في هذه الأثناء، كانت الفيزياء النووية قد شهدت تراجعاً. بل فقدت صفة "العلم الأساسي" عند اكتشاف الكواركات (quark) خلال الستينيات الميلادية من القرن العشرين (والكواركات هي الجسيمات الحقيقية الأساسية التي تشكّل كل نيوترون وبروتون). يقول جان بول إبران: "منذ ثمانينات القرن الماضي، توجه العديد من العلماء في هذا الميدان نحو فيزياء الجسيمات ودراسة نظرية الأوتار والتناظر الفائق وإيجاد بوزون هيغز (Higgs)... لكننا نشهد الآن تحوّلاً جديداً، فهنالك تجدّد نظريّ!"

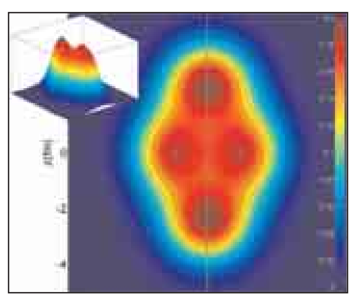
يجب القول إنّ علماء الفيزياء لم يستسلموا كلهم. فقد ظل خبراء المختبرات يعملون... ومن شدّة "تعذيبهم" للنواة داخل مصادمات قوية، برز تنوّعها الخارق واضحاً أمامهم.

هناك الكثير من الحالات الخاصة

لقد شاهدوا نيوترونات تتحرّك كزوبعة بعيداً عن زميلاتها بينما اتخذت أخرى شكل صَدفة، أو سيجار، أو كرة لعبة "الركبي" (rugby)، أو ثمرة الكمثرى... وبدفع نواة الذرّة خارج حالة الإستقرار وبإجبارها على احتواء مزيد من النويّات اكتشف هؤلاء الباحثون ساحة مليئة بالعجائب تقطنها نوى هامشية... يستحيل وصفها باستخدام نظريات الفيزياء النووية المعتادة! وهو ما يفترض أن يجعل المنظرين يضيفون إلى حشد تنظيراتهم أكواماً من المعلومات التجريبية.

وشيئاً فشيئاً، تحوّل وصف النواة إلى تراكم من الحالات الخاصة. ومن ثم صار من المستحيل التنبؤ بشيء، حتى لو تعلق الأمر باستقرار إحدى النوى المتطرفة، دون اللجوء إلى المعطيات التجريبية.

وقد بلغ الأمر بالمنظّرين أنهم انتظروا صنع المصادم "سبيرال٢" (Spiral 2) في المسرّع القومي الكبير للأيونات الثقيلة (الفرنسي) (GANIL) في مدينة كون (Caen) الفرنسية ليعرفوا ما إذا كان هنالك وجود للنواة المستقرة خارج البروتونات الـ١١٨... يعترف مارتن فرير Martin Freer، الأخصائي في نواة الذرة بجامعة برمنغهام (Birmingham) (المملكة المتحدة) قائلاً: "إنّ اكتشاف النواة الشاذة أظهر لنا أننا لم



◄ أمكن أخيراً وصف الحالة الخاصة بنواة الهيليوم (بنيوتروناته العشرة وبروتوناته العشرة المركّزة في أربع نقاط) بفضل هذه النظرية.



النواة ذات الهالة: نويّات هاربة خارج الحدود

تم اكتشافها في الثمانينيات الميلادية من القرن العشرين، ونمْذَجتْها مؤخراً النظرية الحديثة : بعض النوى الغنيّة جداً بالنيوترونات، مثل الليثيوم ١١، تنفصل وتتحرّك على السطح.



النواة المشوّهة الشكل: نويّات غير منتظمة المسار

معظم النوى تفتقر إلى الشكل الكروي: النويّات في معظمها تتبع مسارات غير منتظمة... والنموذج الجديد قادر على تصوير تنوع كل تلك المسارات.

أخيراً، أصبح لكل نواة ذرّة غريبة نموذج

كان النموذج بسيطاً: كانت نواة الذرّة عبارة عن حشد بروتونات ونيوترونات ملتصقة ببعضها. وقد فسّر عددها ذرّات الكون كلها. لكنّ مصادمات الجسيمات لم تكفّ عن إنتاج نوى ذات بنى غريبة يمكن إدراجها ضمن خمس فئات: السائلة، والجزيئيّة، والفقاعيّة، وذات الهالة، وذات الغمامة المشوّهة الشكل. لقد أتاحت نظريّة جان بول إبران Jean-Paul Ebran وإلياس خان Elias Khan الجديدة، وللمرة الأولى، تصوير كلٍّ من هذه النوى.

نفهم جيداً طبيعة التفاعلات بين النويّات". تظاهرت نواة الذرّة بأنه يمكن الإمساك بها لكن ذلك كانت خدعة. وقد حدث هذا لسبب يشرحه جان بول إبران: "هذا جوهر المشكلة المعقّدة. يتألف النموذج الأصلي للنواة من نويّات كثيرة يتجاوز عددها ما تسمح بدراسته طرق الحلّ الدقيقة، ويقلّ عددها عما يلزم للطرق الإحصائية". وحتى نتمكن من وصفها يكفي وصف تفاعلات البروتونات والنيوترونات التي تكوّنها... وهذا بالضبط ما لا تجيد الفيزياء فعله. وكما يعلم علماء الفلك منذ زمن، يستحيل تدقيق التنبؤ بمسار أكثر من ثلاثة أجسام متفاعلة. ولذلك على الفيزيائيين الاكتفاء باللجوء إلى حيلة أثبتت فعاليتها يوضحها جان بول إبران بالقول: "نحوّل معضلة بعدد أجسام يساوي (ن) إلى معضلات عددها (ن) بجسم واحد". نفترض أنّ النويّات مستقلة عن بعضها البعض وتعوم في حقل متوسط يمثّل حركة زميلاتها جميعاً".

إلكترونات نسبية

إليكم النقطة الأهم. هذا الافتراض هو الذي أتاح حتى منتصف التسعينيّات الميلادية وصف نواة الذرة في حالة التوازن بشكل شبه دقيق. لكنّ الافتراض ذاته حال دون أن تتمكن النماذج حتى اليوم من التنبؤ بحالتها المتطرفة. ولذا قرّر جان بول إبران وإلياس خان دراسة هذا الافتراض عام ٢٠١١م... بواسطة أداة طالما أثبتت فعاليتها: إنه قانون أينشتاين المتعلّق بالنسبية. يقول إلياس خان: "أدركنا قبل بضع سنين أنّ للبروتونات والنيوترونات في النواة خصائص نسبية وبدأنا نفكّر في أنّنا إن راعينا هذه النتائج فقد نتوصّل إلى تحسين نموذج النواة".

ذهب الباحثان بهذا المنطق إلى أبعد الحدود، وانطلاقاً من معادلة ديراك (Dirac) التي وُضعت لوصف الإلكترونات النسبية، قاما بإزالة جزء كبير من عواملها الاختبارية الخاصة بالنموذج القديم. ومن خلال إدارة هذا النموذج على الحاسوب، شاهدَا تكوّن نواة ذرية افتراضية وحدثت معجزة صغيرة يشرحها جان بول إبران كالتالي: "كنا نختبر نموذجنا بنواة تتكوّن من مختلف أعداد البروتونات والنيوترونات لنرى إن كانت التنبؤات المتعلّقة بها تتطابق والملاحظات، ووقعنا على أمر غريب في نواة النيون. فبدل أن تتوزّع توزّعاً متجانساً كما توقّعت النماذج الأخرى، بدت نويّاته مركّزة في أربع نقاط"...

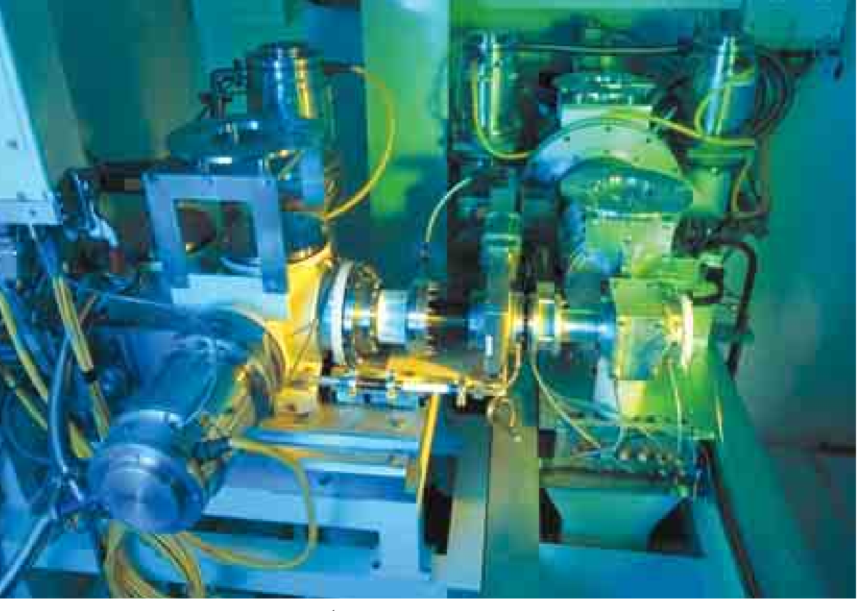
لكن هذه الحالة الغريبة لنواة الذرة تعتبر جزءاً من عجائب النواة التي تتمّ ملاحظتها أثناء الاختبارات ولم تفسّر قط نظرياً... توقع العالمان في البداية بوجود خطأ. وأجريا تحريات غير ممنهجة خلال بضعة أسابيع... قبل أن يقتنعَا ويقولا: لا، لا يتعلق الأمر بخطأ. يقول جان بول إبران في هذا السياق: "كان نموذجنا الذي صمّم لوصف نواة ذرة شائعة قادراً على توليد نواة شاذة. وهذا يعني أننا ربما وجدنا مجموعة قوانين كونيّة، نظرية قادرة على وصف الطبيعة بكل تنوّعها !"

معالم

"ذبابة في مبنى ضخم"

صاحب هذه الصيغة الشهيرة هو الفيزيائي النيوزيلندي إرنست روذرفورد Ernest Rutherford عام ١٩١١م حين كان يعرّض ورقة ذهب رفيعة لجسيمات ألفا. أدرك عندئذ أنها تنحرف. بدا أنّ كرة كثيفة وغير قابلة للاختراق كانت بداخل قلب الذرّة، وتحوي تقريباً كامل كتلتها. كان بذلك قد اكتشف النواة.

J.P. EBRAN ET AL - M.KONTENTE



◄ يمكن للنظرية الجديدة أن تتنبأ باستقرار النوى البالغة الثقل التي ستُنتج بدءاً من العام ٢٠١٥م في المصادم الجديد "سبيرال ٢" في المسرّع القومي الكبير للأيونات الثقيلة (الفرنسي) بمدينة كون (Caen).

ومنذ ذلك الحين، انطلق العالمان في بحثهما: قاما بمسح كامل لخريطة النوى وتطبيق نموذجهما على الأوزان الثقيلة لمئات النويّات، وكذا على الأوزان الخفيفة لبعض النيوترونات والبروتونات. وهذا قبل أن يطلقا العنان لحماسهما الفياض: معادلاتهما قادرة على إنتاج كافة أشكال النوى الذرية من أبسطها إلى أغربها. كان الإنجاز تاريخياً. فللمرة الأولى نتجت عن نظرية واحدة وبشكل طبيعي البنى النووية الخمس الكبرى. يقول مارتن فرير بهذا الصدد: "إنّ الأمر الأكثر جنوناً هو أنه كان بالإمكان القيام بهذا العمل قبل عشرين سنة، فوسائل الحساب كانت متوفرة منذ مدة طويلة.... كان علينا فقط أن نرتب وقتنا لإدراج نظرية النسبية في الموضوع!"

إن تمكن هذا النموذج الجديد من توقّع بنية أيّ نواة انطلاقاً من عدد البروتونات والنيوترونات فلن يستوجب بعد ذلك سوى الانتقال إلى الخطوة التالية، وهي توقّع استقرار أو تفاعل أيّ نواة، ومن ثمّ حلّ أحد أكبر ألغاز الفيزياء الفلكية: كيف تشكلت أولى النوى الثقيلة لدى النجوم؟ (راجع الإطار أدناه تحت عنوان "ماذا لو كانت هذه النظرية قادرة على تفسير بداية المادة؟"). يوضح جان بول إبران الأمر قائلاً: "نشرع في الاختبارات فنرى منذ البداية أنّ التوقّعات المتعلقة بهذا النموذج أفضل بكثير من التوقعات المتعلّقة بأيّ نموذج سابق". بعبارة أبسط، نقول إن الفيزياء النووية تعيش الآن اللحظة الحاسمة الثانية في تاريخها. فقد باتت للمرة الأولى تتمتّع بنظرية تشمل كامل التنوّع الطبيعيّ.

عودة إلى الأساس

يقول جان بول إبران: "الراجح أننا بلغنا حدود ما يمكننا فعله بنموذج لا يأخذ الكواركات مباشرة في الحسبان. فوصف نواة الذرة مباشرة انطلاقاً من نظرية فيزياء الجسيمات يشبه محاولة فهم كامل الجسم البشري من خلال علم الأحياء الجزيئي. لا يمكن فعل هذا أبداً". وللذهاب إلى أبعد من ذلك نلاحظ أنه لا يمكن للفيزيائيين، رغم هذا، عدم الرجوع إلى الأساس من خلال تعديل مجموعة بنية نظرية الكواركات بما يتناسب مع نواة الذرّة. لقد شرع العمل في إنجاز هذه المهمة وبدأت الحواسيب المتطورة تشتغل داعمةً انصهار الكواركات والنويّات. حتى إنّ النظرية التي تَعِد بوضع حد لتساؤلات الفيزياء النووية صارت تحمل اسماً هو "النظرية الفعالة للحقل المتناظر chiral". يقول جان بول إبران مبتسماً: "هذا مشروع أبحاثي للسنين العشر المقبلة."

جوهر المادة –تلك الذبابة البالغة الصغر– التي تظاهرت بأنّ العلماء سيمسكون بها كانت قد أفلتت منهم. لكنّ الفيزيائيين أدركوها اليوم... ولن يتركوها تفلت منهم أبداً.

ماذا لو كانت هذه النظرية قادرة على تفسير بداية المادة؟

القصّة معروفة لكن تنقص حلقة منها. في الربع الأول من الساعة التي عقبت الانفجار الكبير، ظهرت غمامات نيوترونات وبروتونات وفوتونات وإلكترونات من فراغ كمومي ثم اندمجت مولّدة بذلك أولى نوى الذرات: الهيدروجين، والهيليوم... وبعد ٤٠٠ مليون سنة، تأججت هذه المادة الخام واشتعلت النجوم وتكوّنت في صميمها ذرّات الكون كلها. "لكن لا يمكن لنماذجنا أن تتجاوز ذرّة البريليوم لأنها شديدة الاستقرار" بحسب كلام إلياس خان Elias Khan مضيفاً: "هنالك نوع من الطرق المسدودة التي نحاول جاهدين الخروج منها." يفترض العلماء وجود مادة غريبة بالغة الاضطراب قد أدت دوراً معينًا: نوى الذرات أغرب ما فيها بنيتها الجزيئية. ومن ثمّ لم يبق سوى إيجاد نظرية تبرزها بشكل طبيعي انطلاقاً من البروتونات والنيوترونات. يبدو نموذج إلياس خان وجان بول إبران Jean-Paul Ebran كأنه الأداة التي كانت تنقص لرواية قصة بداية المادة.

M.DESAUNAY/CNRS PHOTOTHÈQUE

(1) LE NOYAU DE L'ATOME N'EST PLUS CE QU'IL ÉTAIT, Science & Vie 1145, pp 78-82
(2) Mathilde Fontez

إنجاز كرتونيّ!

يصعب أن نصدق ما نرى لكن هذه الدراجة الهوائية صنعت كلياً من الورق المقوى (الكرتون)؛ تمكّن مخترعها إيزار غافني Izar Gafni من جعل هذا الورق فائق المتانة بمزج تقنيات الأوريغامي (origami) فن طي الورق الياباني واستعمال الطلاء الميبّس. تتحّمل الدراجة حتى ٢٢٠ كلغ مع أن وزنها ٩ كلغ! وبطبيعة الحال فهي مقاومة للماء. من المتوقع أن يتم إنتاج تلك الدراجة الهوائية القابلة للتدوير كلياً ابتداء من هذا العام بشكل تجاري: ستباع بحوالى ١٥يورو (ما يعادل ٧٥ ريال سعودي).

س. ب. C.P.



BANG RATNER/REUTERS

أنت أذكى من والديك![1]

ذلك ما يؤكده -على كل حال- باحث درس نسبة الذكاء لدى أجيال عديدة متوالية. إنه لأمر سيضحك أولياء الأمور، أليس كذلك؟ حسناً، إليكم الإثبات...

بقلم: آن لوفيفر باليدييه[2]

لا شك أنكم سمعتم باختبارات قياس نسبة الذكاء. لكن أتعلمون أنه منذ اختراعها -قبل نحو مائة سنة- ما انفك المعدل المتوسط يتزايد؟ هذا ما يسمى "تأثير فلين" Flynn، وهو اسم الباحث الذي كشف عن هذه الظاهرة. إن الارتفاع السنوي لنسبة الذكاء لا يتجاوز ثلث النقطة، إلا أننا إن احتسبناه على مرّ جيل كامل فيساوي نسبة كبيرة؛ لذا لا بدّ من أن هناك تفاوتا معتبرا بينكم وبين والديكم...

وما يثير الفضول أن جيمس فلين James Flynn اكتشف الأمر بالصدفة؛ فنسبة الذكاء لا تندرج ضمن انشغالاته الاعتيادية: إنه متخصص في العلوم السياسية. في مطلع الثمانينيات من القرن العشرين، راح بعض علماء النفس البارزين يستخدمون اختبارات قياس نسبة الذكاء لدعم فرضياتهم العنصرية وتأكيد مثلا أن الرجال ذوو البشرة السوداء يولدون أقل ذكاءً من الآخرين، وأنه لا فائدة من تعليمهم. صُدم الأستاذ فلين بذلك فقرر دراسة كل ما يتعلق بنسبة الذكاء لمحاربة هذا النوع من الأفكار، وبدأ بمعاينة كيفية إعداد هذه الاختبارات المتداولة.

اختبارات لقياس ذكاء حقبة زمنية

لعلكم تعلمون أن اختبار نسبة الذكاء يشتمل عموما مئات المسائل التي ينبغي حلها، وهي تسمح بقياس مجموعة من الكفاءات: المفردات، الحساب، التركيز، الإدراك البصري، الذاكرة، الاستدلال، المنطق، إلخ. الهدف من هذه العملية هو إمكانية تحديد كفاءتنا بالنسبة إلى معدل مستوى مجموعة السكان. لذلك فأول ما يجدر فعله هو قياس مقدار هذا المعدل. ومن ثمّ، يُجري مصممو هذا الاختبار على عينة تمثل المجتمع: ١٥٠٠ رجل وامرأة تقريباً من مختلف الأعمار، بشهادات أو بدون شهادات جامعية، إلخ. ثم يتأملون في طريقة توزيع النتائج، برسمهم منحنى: نسجل على المحور الأفقي نتيجة الإختبار، ونسجل على المحور العمودي عدد الأشخاص. واتضح أن المنحنى له دائماً شكل جرس، حيث يلاحظ قلة من الأشخاص في الطرفين، لهم معدلات متدنية جداً أو عالية جداً، أما في الوسط فهناك الغالبية العظمى من الناس حيث يقع معدل

تحدّوا والديكم!

حساب ذهني

١- يحتاج المرء إلى ٢٠ ساعة لتنظيف منزله بالكامل. إن تعاون ٤ أشخاص معه، كم من الوقت يلزمهم لإنهاء عملية التنظيف؟ (درجة)

اختر الجواب من الاحتمالات الثلاثة:

أ) ٥ ساعات

ب) ٤ ساعات

ت) مئة ساعة

٢- يباع القميص التالي عادة بـ١٦ يورو. إنه زمن التنزيلات وهناك حسم بنسبة ٢٥٪. كما أن هناك حسم بقيمة ٢ يورو على هذه السلعة. كم ستدفع ثمنه؟ (درجة)

اختر الجواب من الاحتمالات الثلاثة:

أ) ٦ يورو

ب) ١٢ يورو

ت) ١٠ يورو



الذكاء المتوسط.

يستخدم بعد ذلك مصممو الاختبار نماذج رياضية لتعديل الدرجات الممنوحة لكل سؤال بحيث أن المعدل المتوسط يساوي مئة درجة، وهو المقياس الذي تتوزع حوله الدرجات (انظر الرسم على اليسار). وهكذا فعدد الحاصلين على درجات تتراوح بين ٧٠ و ١٣٠ يزيد قليلا عن نسبة ٩٥٪. ويبقى نحو ٢٪ من الناس بعلامة دون الـ٧٠ (دون هذا الحدّ يُعد الشخص متخلفاً عقلياً). وهناك ٢٪ من الناس يتمتعون بدرجات تتجاوز ١٣٠ (وهو الحد الذي يسمح بتمييز الموهوبين). ذلك هو السبب الذي يجعل الاختبار المعدّ في فترة محددة يعكس بدقة معدل نسبة ذكاء السكان في تلك الحقبة الزمنية.

إلا أن واضعي الاختبارات يلجؤون أحيانا –سعيا منهم لتصديق اختبارهم– إلى إخضاع الأشخاص عينهم لاختبار ثانٍ، أقدم من السابق، بغية التأكد في حال الحصول على نسبة ذكاء عالية جداً من تطابق نتيجة الاختبارين الجديد والقديم.

مازلت بهذا الغباء ...

نتائج نسبة الذكاء تعطي دائماً منحنى بشكل جرس: يتركز الحد الأقصى من الناس حول المعدل المتوسط.

99,74%
95,44%
68,26%

عدد الأشخاص

55 70 85 100 115 130 145

مجموع النقاط

ANTOINE LEVESQUE POUR SVJ



MO/CDM POUR SVJ

تحدّوا والديكم!

مفردات

١– ما الكلمة الغريبة في المجموعة؟

(درجة)

أ) اشتم

ب) استنشق

ت) تنفس

ث) زفر

٢– ما الكلمة الغريبة في المجموعة؟

(درجة)

أ) حجز

ب) احتوى

ت) شعّب

ث) أوقف

كما يؤكدون بذلك أن الأغبياء يظلون أغبياء والمتوسطون يظلون في نفس الخانة.

وقع فلين بالصدفة على إحدى هذه الدراسات المقارنة. لدى مراقبته الدرجات، لاحظ أن هناك أشخاصاً حصلوا على نسبة ذكاء معتدلة في اختبار حديث ولديهم نسبة ذكاء أعلى في نسخة قديمة من الاختبار، وكأن الاستمارة المصممة لأولياء الأمور تبدو أكثر سهولة بالنسبة إلى أطفالهم؛ يعني ذلك أن متوسط نسبة الذكاء في عهد أولياء الأمور كان منخفضا! أثار هذا الاكتشاف الأول اهتمامه، فنسي فلين نضاله المناهض للعنصرية وقرر معاينة جميع المقارنات المماثلة المنشورة في الولايات المتحدة الأمريكية...

وهكذا لاحظ عشرات وعشرات المرات تكرار هذه الظاهرة : لا شك أن نسبة الذكاء ترتفع على مرّ الأجيال. وحين جمع فلين كافة الزيادات التي لاحظها وصل إلى فارق ١٤ نقطة ما بين ١٩٣٢ و١٩٧٨. إنها نتيجة مثيرة إن قدرناها استقرائياً على مدى قرن فإننا نحصل على ٣٠ نقطة، وهو التفاوت الذي يفصل بين المتخلف عقلياً ومتوسط الذكاء، أو بين متوسط الذكاء والعبقري! يا للعجب!

كيف يمكن تفسير وجود أشخاص يعتبرون حالياً عاديين وفي ذات الوقت يتمتعون بمواهب استثنائية بالنسبة إلى أجدادهم؟

إن إحراز نسبة الذكاء تقدماً على مرّ الأعوام لم يفاجئ فلين ولا علماء النفس. ذلك أن ظروف المعيشة خلال النصف الأول من القرن العشرين، تحسنت إلى حدّ كبير: بات عدد أكبر من الناس يأكلون حتى الشبع، ويعيشون في منازل لائقة، إلخ. وهكذا يمكننا أن نتخيل أن ذلك قلّل من عدد المتخلفين عقلياً بين سكان صاروا يعيشون ظروفا صحية أفضل مما كانوا عليه. من ناحية أخرى، تزايد عدد الأولاد المتعلمين، وباتوا يرتادون المدارس لوقت أطول. فقد ولّى ذلك الزمان الذي كان الأطفال يتركون فيه المدرسة في سن الـ١٢ عاماً لدخول ميدان العمل! وفضلا عن ذلك فأولياء الأمور باتوا أكثر ثقافة وتعلما. كما أصبحوا يرزقون بعدد أقل من الأطفال مما يتيح لهم وسائل أفضل

تحدّوا والديكم!

أوجه الشبه

١- ما أوجه الشبه بين الخنفساء والدعسوقة؟ (عليكم اختيار إجابتين، بعضهما تساوي درجتين، بعضها الآخر درجة، وغيرها صفرا)

أ) إنهما نوعان من الخنافس
ب) لديهما قوائم
ت) لديهما قرون استشعار
ث) إنهما حشرتان
ج) تعيشان خارجاً
ح) تعضان

٢- ما أوجه الشبه بين الحاسوب المحمول والهاتف الخلوي؟ (عليكم اختيار إجابتين، بعضها تساوي درجتين، بعضها الآخر درجة، وغيرها صفرا)

أ) وسيلتان للتواصل
ب) تسمحان بتبادل المعلومات
ت) لهما شاشات
ث) مصنوعان من البلاستيك
ج) فيهما بطاريات
ح) فيهما أزرار

لمساعدتهم؛ لذلك كله فليس غريبا أن تكون أجيال المستقبل مسلحة أكثر من الأجيال الماضية للنجاح في إجراء اختبار نسبة الذكاء: فنحن نجد بين الشباب عدداً أكبر من القادرين على: القراءة، والكتابة، والعدّ، وحتى حلّ مسألة رياضية! غير أن الارتفاع المذهل لنسبة الذكاء جعلت جيمس فلين يقتنع بوجود عوامل أخرى مؤثرة في الموضوع. وبغية التأكد من ذلك، انطلق في تحقيق ثانٍ باختبار خاص.

يحمل هذا الاختبار اسم مصفوفات رافن Raven (انظر على اليسار اللعبة تحت عنوان "مصفوفات رافن"). إنه مختلف تماماً عن الاختبارات الأخرى التي كان فلين يركز عليها حتى ذلك الوقت؛ هذه المرة ليست هناك أسئلة عن المفردات أو الحساب. بمعنى أن لا شيء في الاختبار له علاقة –من قريب أو من بعيد- بالمدرسة: كل ما يجدر فعله هو ملاحظة مجموعة من الأشكال الهندسية ثم إستكمالها.

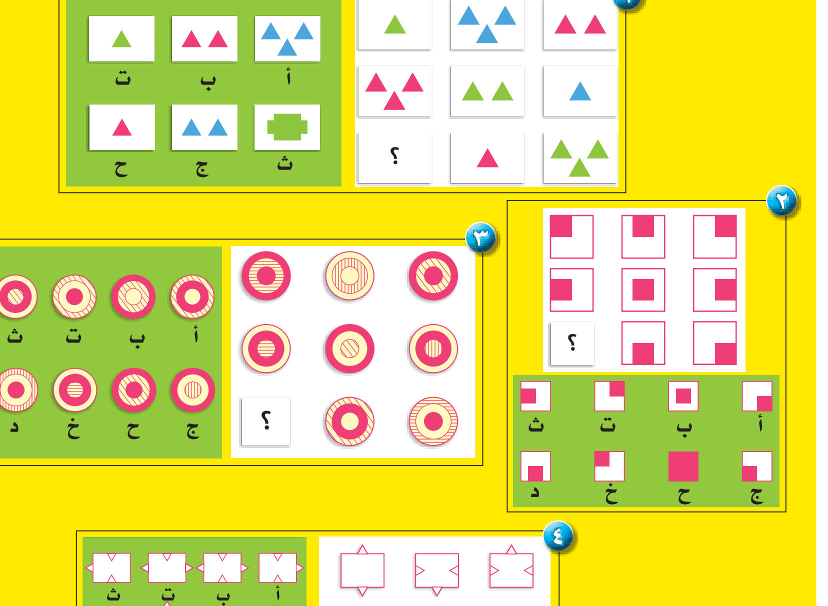
لم يتغير هذا الاختبار قط منذ اختراعه وفي بعض البلدان، يخضع له الشباب (بين ١٨ و ٢٠ سنة) في بداية التجنيد الإجباري. إنه نجاح لم يكن في الحسبان للأستاذ فلين: بوسعه الآن إجراء مقارنة للنتائج مباشرة من جيل إلى آخر. في نهاية المطاف، استطاع الحصول عام ١٩٨٧ على نتائج ١٤ بلداً. لقد وجدها! كانت رُؤاه صائبة: من الواضح أن هناك ارتفاعا في نسبة الذكاء، بل إنه تجلى حتى بلغ معدل ١٠ نقاط كل ١٠ سنوات...

وبذلك، اقتنع فلين: إن أصبحنا أكثر ذكاءً فلا يعود ذلك إلى كفاءتنا الدراسية فحسب، وحتى يتبيّن الأمر أكثر راح يعاين بالتفصيل جميع الإجابات على الاختبارات الكلاسيكية. وبدون أن يتفاجأ، استنتج بخصوص الجزء المتعلق بالأسئلة حول المفردات والحساب، أن تأثيرها في زيادة نسبة الذكاء ضئيلة: فعلى سبيل المثال، لم تزد هذه النسبة في الولايات المتحدة الأمريكية سوى بنقطتين أو ثلاث ما بين ١٩٤٧ و٢٠٠٢ في الارتفاع الإجمالي لنسبة الذكاء (أي أقل من ٢٠٪ من الارتفاع الإجمالي لنسبة الذكاء). لا شكّ في أن التعليم ليس العامل المؤثر الوحيد على نسبة ذكائنا وأن هناك عوامل أخرى فاعلة. لكن ما هي؟

تحدّوا والديكم!

مصفوفات رافن

أكملوا كل مجموعة بالشكل المناسب (درجة للمجموعة)، الذي تختارونه من الأشكال الموضوعة في الخلفية الخضراء.



شكراً للتقنيات الحديثة!

الجواب الأول الذي خطر ببال فلين هو محيطنا التقني، قارنوا وضعكم بوضع والديكم. عندما كانت أعمارهم تعادل أعماركم الآن، لم يكونوا يملكون حاسوباً، أو شاشات اللمس أو الهواتف الخلوية. ولاستعمال جواهر التقنية هذه، يجدر التحلي بمنطق معين: تعلمون أنه بالنقر على مجموعة أيقونات، بدون أي رابط جلي بينها، يمكنكم قراءة رسالة أو تحميل ملفات صوتية "إم بي ٣" أو مشاهدة مقطع فيديو، إلخ. في عالم صنعه مهندسون، يسود فيه الحاسوب والخوارزميات الرياضية، من الممكن أن نكون قد تشرّبنا هذا النوع من التجرد بدون أن ندرك ذلك؛ وهذا ما يجعل تحليل رافن للأشكال الهندسية بالغ السهولة!

لذا يمكنكم أن تشكروا الحاسوب: فهو الذي جعل جيلكم يفوق جيل أولياء أموركم ذكاءً، لكن هل سيستمر ذلك؟ أيعقل أن تنعتكم ذريتكم بالمتخلفين عقلياً؟ نعلم مسبقاً أن الجواب هو لا. فمنذ البداية، تصوّر فلين في الواقع أن ارتفاع نسبة الذكاء بوسعه أن يتلبّد: حتى مع محيط أكثر تطوراً تقنياً، لا بد أن يعرف الذكاء البشري حدودا. والملاحظ في يومنا هذا، أن عديد الدراسات أيدت رأي فلين: في النرويج أو في الدنمارك، بدأت سرعة ارتفاع نسبة الذكاء تخفّ تدريجياً إلى أن تراجعت منذ عشرة أعوام. يا للعجب! إن حدثت نفس الظاهرة عندنا، كما يتوقعه معظم الباحثين، يمكنكم التبجح بامتلاك نسبة ذكاء أعلى من أطفالكم! هناك أمر مؤكد: لن نكف غدا عن الحديث في موضوع "أثر فلين"...



نشكر سيرج لاريفيه Serge Larivée، من كلية التربية النفسية بجامعة مونتريال (Montreal) (كندا) وجيروم روسييه Jérôme Rossier، من معهد علم النفس بجامعة لوزان (Lausanne) (سويسرا).

للاستزادة

على شبكة الانترنت، قوموا بتقييم نسبة ذكائكم بفضل اختبارات سريعة مؤلفة من نحو ٣٠ سؤالاً على موقع www.mon-qi.com. **هذا الرابط موجود على** svjlesite.fr

والفائز هو...

بطبيعة الحال فإن تحدياتنا الصغيرة السابقة ليست اختباراً فعلياً لنسبة الذكاء تم تصديقه استناداً إلى عينة من السكان. ورغم ذلك إن حصلتم على نتائج مشابهة أو أقل من نتائج ذويكم على أسئلة المفردات والحساب، فالأمر ليس مفاجئاً ذلك أن أوجه الذكاء هذه ليست في الواقع هي التي ساهمت في رفع نسبة الذكاء خلال العقود الماضية. ومن المرجح أن والديكم قاموا –مع التقدم في السن– بإثراء معارفهم؛ لذا سيجدون سهولة أكبر في الوصول إلى الجواب الصحيح: نحن نعلم أنه حتى سن الأربعين، يزداد مجموع الدرجات على هذه الأسئلة. ومن ناحية أخرى، ينبغي تفسير مجموع درجات أسئلة التشابه والمصفوفات بشكل مختلف إذ من المفترض في هذه الأسئلة –بالإجمال– أن يقدم جيلكم نتيجة أفضل من الجيل السابق. إن لم يكن الوضع كذلك، فأهاليكم على الأرجح هم أعلى من المعدل المتوسط. في الغالب –ابتداءً من ٢٠ عاماً– نصبح أقل براعة في التمارين المنطقية والمجردة من نوع مصفوفات رافن Raven.

الإجابات (الحدّ الأقصى ١٦ درجة)

الحساب الذهني (درجة للجواب الصحيح): ١- (ب)، ٢- (ت)

مفردات (درجة للجواب الصحيح): ١- (ث)، ٢- (ت)

التشابه: ١- درجتان لـ (أ) و(ث)، درجة لـ (ب) أو (ت)، صفر لـ (ج) أو (ح)

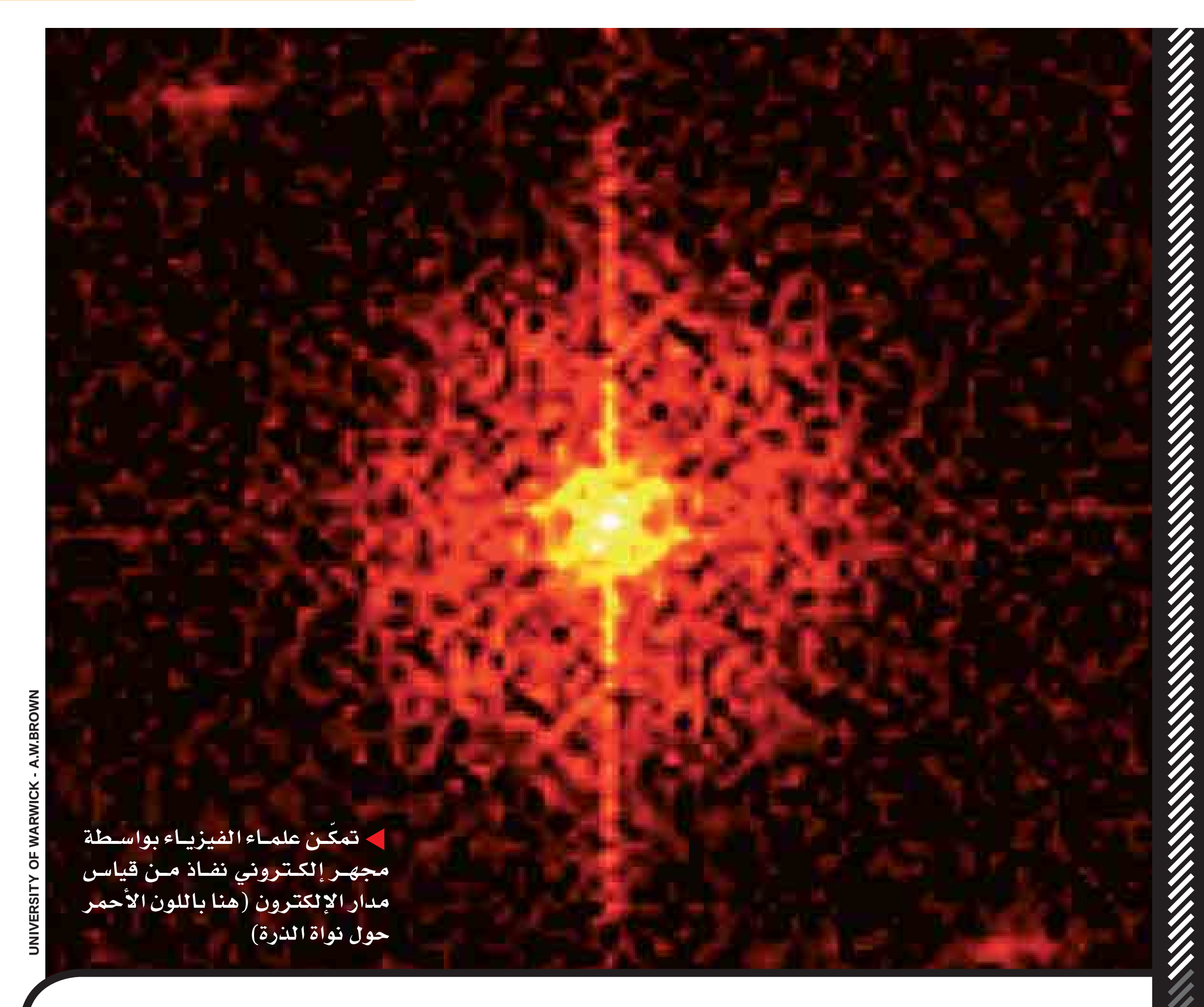
٢- درجتان لـ (أ) أو (ب)، درجة لـ (ت) أو (ث)، صفر لـ (ج) أو (ح)

مصفوفات رافن (درجة للجواب الصحيح):

١-(ج)، ٢-(ج)، ٣-(د)، ٤-(ج)

(1) Vous Etes Plus Intelligents Que Vos Parents, Science & Vie Junior 279, pp 36-39

(2) Anne Lefèvre-Balleydier



UNIVERSITY OF WARWICK - A.W.BROWN

تمكّن علماء الفيزياء بواسطة مجهر إلكتروني نفاذ من قياس مدار الإلكترون (هنا باللون الأحمر حول نواة الذرة)

تم تصوير حركة الإلكترونات

للمرة الأولى تم قياس دوران الإلكترون. فقد نجح فريق ياباني-فرنسي-ألماني في تصوير مدارات إلكترونات متواجدة في حقل مغناطيسي قوي وذلك باستخدام مجهر إلكتروني نفاذ. وكان قياسهم بدقة أقل من واحد نانومتر (واحد نانومتر يعادل واحد على ألف مليون من المتر) ... كما تأكدوا من أنها متوافقة مع النظرية. يروي تييري شامبيل Thierry Champel، الذي شارك في الأبحاث في جامعة غرونوبل (Grenoble) بفرنسا قائلاً: "الآن نجحنا في رؤية الذرات، وحتى الإلكترونات وبتحديد طاقتها الحركية. لكن مركز مداره كان يتحرك بقوة إلى حد أننا عجزنا عن قياس مساره." للنجاح في هذه المهارة الفائقة، حبس الباحثون غازاً من الإلكترون على سطح أحد الجوامد، مما شكل نموذجاً من بعديّن مثاليين للمجهر الإلكتروني النفاذ. ثم طوروا نظرية جديدة لفصل حركة الإلكترونات عن مركز المدار. وفي النهاية، لاحظوا أن الإلكترونات تقتصر على وجه التحديد في المدارات التي تسمح بها قوانين ميكانيكا الكم. وفي هذا السياق يقول تييري شامبيل مبتهجاً: "هذا رائع، فمرة أخرى نلاحظ التوافق مع النظرية التي وضعت... في بداية القرن العشرين."

م.ف. M.F.

مِهَن الدواء[1]

خمس مهن بوصفة طبية!

بقلم: فلوريان دولاميلي[2]

صيدلي

من هو؟ إنه من يبيع في صيدليته الأدوية ويصرف العلاجات التي يصفها الأطباء. لا يحق له أن يشخّص الأمراض، لكنه مخوّل لإعطاء النصائح حول بعض الأدوية التي تُباع من دون وصفة طبية أو حول معدات طبية (جبيرات، عكازات...). يهتم أيضاً بمحاسبة صيدليته وإدارتها (جدول زمني للموظفين، المناوبة...).

كم تدوم فترة دراستي؟ ست سنوات بعد شهادة الثانوية العامة للحصول من الجامعة على شهادة دكتور صيدلي. يتم الاختيار (في فرنسا) بعد مسابقة في نهاية السنة الأولى من دراسة الطب، ويسمح لعدد محدود من الطلاب تفرضه الدولة بمتابعة دراسته في تخصص الصيدلة (كان أكثر من ٣ آلاف بقليل في العام ٢٠١٢ في فرنسا).

المرشح المثالي؟ يتصف باليقظة ويتعين عليه خاصة التأكد من أن المريض لا يتناول علاجات قد تتفاعل بصورة خطيرة مع بعض المواد التي وصفها الطبيب. في حال حصول مشكلة، قد يتحمل الصيدلي المسؤولية.

+ علاقة الثقة التي تنشأ مع الزبائن.

- المهنة منظمة جيداً: مثلاً، لا يحق للصيدلي أن يفتح صيدلية في أي مكان شاء.

متى أعمل؟ لا يحسب ساعاته، وعليه أن يؤمّن فضلاً عن ذلك مناوبات دورية ليلاً وخلال عطلة نهاية الأسبوع مع الصيادلة الآخرين في منطقته.

هل من مكان لي؟ أجل، لا تطال الصيادلة البطالة.

كم أجني في الشهر؟ ابتداءً من ٢٥٠٠ يورو (مايعادل ١٢,٥٠٠ ريال سعودي).

أسئلة لـ بيار بيغيري Pierre Béguerie

صيدلي ورئيس مجلس نقابة الصيادلة في أكيتان (Aquitaine) بفرنسا

لماذا اخترت مهنة الصيدلة؟

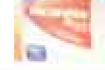
أثارت علوم الأحياء والفيزياء والكيمياء اهتمامي دائماً. وفي طفولتي، عشقت تلك الروائح التي تفوح في الصيدليات والعلاقات التي تجمع الصيادلة بزبائنهم. فكرت في فترة معينة أن أدرس الطب، لكن بدت لي دراسة الطب طويلة للغاية لذلك آثرت اختيار الصيدلة. وجدت فيها كل ما أعجبني في طفولتي، واكتشفت -فضلاً عن ذلك- مهنة نكون فيها مستقلين: بعد أن عملت مساعداً، افتتحت صيدليتي الخاصة في بلاد الباسك (Basque) - منطقة البشنكش الفرنسية - منذ عشرين عاماً.

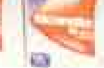
كيف تطورت مهنتك؟

عندما بدأت الممارسة، كان الصيدلي يمضي أوقاتاً أكثر في تحضير الأدوية بنفسه، وقد انخفضت النسبة كثيراً في أيامنا هذه لأن عدد الصيادلة ارتفع كثيراً. تحوي صيدليتي من ٦ إلى ٧ آلاف دواء وهذا دون حساب الأدوية البديلة؛ لذلك من المفترض أن نبقى على اطلاع باستمرار. لا تباع كل الأدوية بوصفة طبية، ويتعين علينا أن نكون قادرين على تقديم النصائح لزبائننا. إن كانت الحالة بسيطة، يتوجب علينا أن نعطيهم العلاج المناسب أو إحالتهم إلى طبيب، لأنه لا يحق لنا التشخيص.

للمزيد من المعلومات حول تلك المهن اطلعوا على الموقع الإلكتروني التالي
www.svjlesite.fr

PATRICK ALLARD/REA





مسؤول عن مراقبة الأدوية وتأثيراتها

مـن هـو؟ إنـه من يقيّـم تأثيـرات الأدويـة على المرضـى ويراقبها. يصـمم الاختبـارات السـريرية بمعية الأطباء ثـم يتابع الاختبارات على المرضـى، لا سيما تطور وضع المرضـى الصـحي؛ والهدف: اسـتبانة التأثيرات الجانبية غير المرغوب فيها. حالما ينزل الدواء إلى الأسـواق، يبقى المسؤول عن مراقبة الأدوية وتأثيراتها على اتصال بالأطباء وبمرضى يعلمونه بأي مشاكل محتملة (حساسـية، غثيـان، دوار...). عليـه أن يحدّث مذكراته ويرسـل تقريراً إلى الوكالة الوطنية لسلامة الدواء (ANSM) الفرنسية.

كم تـدوم فـترة دراستي؟ خمس سـنوات بعـد الثانوية العامـة. في البداية، ثلاث سـنوات في كلية الصيدلة للحصول على شـهادة دراسة عامة في العلوم الصـيدلية، تليها سنتان في الجامعة للحصول على الماجستير، مثل الماستر في "الأدوية وغيرها من المنتجات المتعلقة بالصحة، اختصاص الصيدلة وعلم الأوبئـة ومراقبـة الأدوية وتأثيراتهـا" التي تمنحها جامعة بـوردو Bordeaux (فرنسا).

المرشح المثالي؟ يتحلى باليقظة ويتمتع بردة فعل قوية. من المفترض أن يستمع إلى المتخصصين في شؤون الصحة (أطباء، ممرضون...) وإعلام السلطات حالاً في حال حصول مشكلة.

+ إنها في الوقت نفسه مهنة علمية ومهنة تحقيق.

- الأعمال الورقية: إيداع كل خطوات الطرق المخبرية والملاحظات التي تنشـأ خلال الاختبارات السريرية... من دون أن ننسى التقارير المرسلة إلى الوكالة الوطنية لسلامة الدواء.

متى أعمل؟ ٣٩ ساعة في الأسبوع من الاثنين إلى الجمعة (في فرنسا).

هـل مـن مـكان لي؟ الوظائـف قليلـة. الوظائـف الوحيـدة تؤمنها مختبرات الصيدلة.

كم سأجنـي شهريـاً؟ ابتـداءً مـن ٣٠٠٠ يـورو (مـا يعـادل ١٥,٠٠٠ ريال سعودي).

تقني تصنيع

مـن هو؟ إنه صـانع الأدوية. يقضـي عمله بضـبط الآلات (أجهـزة التعقيم، أجهزة التغليف...) التي تصـنع الأدويـة وتغلفها، يتعين عليه أن يبرمج معدل الإنتـاج، وجرعـة العناصـر المختلفة التـي يتألف منهـا الدواء، إلخ، بحسـب المنتجات المصنعة (الكريمات، الكبسولات، الأقراص...).

كم تدوم فترة دراستي؟ سـنتين بعد الثانوية العامة للحصـول على شـهادة التقني السامي (BTS) في هندسة الكيمياء. تُعدّ ثلاثون مؤسسة تلك الشهادة في فرنسـا، وندخل الاختصاص بعد دراسة الملف المدرسي، ويتم التدريب على تشغيل الآلات وصيانتها داخل المختبر.

المرشـح المثـالي؟ دقيـق: يتعـين عليه أن يتقن صـناعة منتجات الصـحة، أي الأدوية وتغليفها بشكل ممتاز.

+ العمل على آلات مطوّرة جداً.

- بعض المهام مثل ضبط آلات الصناعة عمليات روتينية مملة.

متى أعمل؟ ٣٥ ساعة في الأسبوع موزعة من الاثنين إلى الجمعة (في فرنسا).

هل من مكان لي؟ الكثير: إلى جانب صناعة الأدوية، يعمل تقنيو الصناعة في مجال الصناعات الغذائية ومستحضرات التجميل.

كم سأجني شهرياً؟ ابتداءً من ١٥٠٠ يورو (ما يعادل ٧,٥٠٠ ريال سعودي).

مندوب طبي

مـن هو؟ ممثل تجاري لحسـاب مختبر للأدوية، ويلتقي الأطبـاء في العيادات الطبية وفي المستشـفيات. مهمته: إقناعهم بوصـف الأدوية التي تصنعها شركته، ويصر على فعاليتها العلاجيـة، ويمدهـم بالمعلومـات حـول الجرعـات والتأثيـرات الجانبية ويجيـب على كل أسئلتهم.

كم تدوم فترة دراستي؟ ثلاث سـنوات بعد الثانوية العامة. سـنتان للحصول على شهادة التقني السـامي (BTS) في "المفاوضـة والعلاقة مع الزبون". يكون ذلك في الثانوية أو في مركـز تمرين المتدربين (CFA) - الدخول إثر دراسـة الملف المدرسـي - ثم سـنة واحدة للحصول على إجازة مهنية "صحة اختصاص مندوب طبي" في الجامعة.

المرشـح المثالي؟ يلم بأسـلوب النقاش. المندوب الطبي هو مندوب تجـاري، عليه أن يقنع الأطباء بوصف الأدوية التي يصنعها المختبر الذي يستخدمه.

+ الاستقلال: ينظم المندوب الطبي مواعيده ويدير جولاته كما يشاء.

- ضـغط المبيعـات: يحـدد أهداف البيـع، ويتعين علـى المندوبين الطبييـن بلوغها، وحتى تجاوزها لزيادة مدخولهم الشهري...

متى أعمل؟ من ٣٥ إلى ٣٩ ساعة في الأسبوع، لكن عدد المواعيد يختلف من يوم إلى آخر.

هـل مـن مكان لي؟ أجـل، حتى لو كانت المختبرات توظف عدداً أقل من السـابق، لا تزال تبحث بانتظام عن مندوبين جدد.

كم سأجني شهرياً؟ ابتداءً من ١٨٠٠ يورو (ما يعادل ٩,٠٠٠ ريال سعودي) تضاف إليها عمولة على المبيعات.

مسؤول عن الأبحاث

مـن هـو؟ إنهّ يحضّـر الأدوية الجديـدة. عليه أولاً أن يقرأ عن المرض المراد علاجه: كيف يعمـل، ويتطـور وينتقل... من هنا، يضـاعف التجارب في المختبر مـع جزيئات مختلفة. في حالـة الفيروسـ مثلاً، عليه أن يكتشـف الجزء الفعال القادر علـى التحكم في تكاثره داخل الجسم أو تسهيل تدميره الطبيعي من قبل الجسد.

كم تـدوم فـترة دراستي؟ ثماني سـنوات بعد الثانوية العامة في كلية العلوم. ثلاث سـنوات أولاً للحصـول على إجازة في الكيمياء، ثم سـنتين للحصـول على الماجسـتير في "الكيمياء الجزيئية" أو "في تحسـين خطوات الطرق المخبرية". يتم الدخول إلى هذا الماجسـتير بعد دراسة الملف الجامعي، والمرحلة الأخيرة تكون مرحلة الدكتوراه: خلال ثلاث سنوات، يتعمق الطالب في موضوع تحت إدارة مشرف على رسالة الدكتوراه.

المرشح المثالي؟ فضولي ومنفتح التفكير، وعليه أن يثبت قدرته على الإبداع لتصوّر تجارب تسمح له باختبار تأثيرات الأدوية.

+ اكتشاف دواء جديد لعلاج مرض ما.

- ينبغي أن يتوقع بأن يتوقف عمله بشكل مفاجئ: في حال تطلّب العمل الحصول على المادة الفعّالة وقتاً طويلاً أو دقة كبيرة، تزيد كلفة تحضيره، وقد يقرر المختبر أن يوقف الصرف على الأبحاث، خاصة إن كان عدد المرضى المعنيين بالعلاج ضئيلاً.

متى أعمل؟ ٣٩ ساعة في الأسبوع على الأقل، موزعة من الاثنين إلى السبت (في فرنسا).

هل من مكان لي؟ القليل: تُعرض القليل من الوظائف في مختبرات خاصة (فايزر Pfizer، وسـانوفي-أفينتيس Sanofi-Aventis...) أو في مؤسسـات عامة (الوكالة الوطنية للصحة والأبحاث الطبية (Inserm) والمركز القومي للأبحاث العلمية (CNRS)...)

كم سأجني شهرياً؟ ابتداءً من ٢١٠٠ يورو (ما يعادل ١٠,٥٠٠ ريال سعودي).

---

(1) LES MÉTIERS DU MÉDICAMENT, Science & Vie Junior 279, pp 88-89

(2) Florian Delambily



تحقيق في لغز العسل بلون قوس قزح[١]

في الصيف الماضي، أنتجت مئات قفائر النحل في منطقة الألزاس Alsace (فرنسا) عسلاً أزرقاً، وأخضراً وبنفسجياً؛ هل سبب ذلك مبيدات الحشرات؟ أو العضويات المعدلة وراثياً؟ أم أن الأمر يتعلق بخدعة؟ كلا، فالسبب أتى... من «مارس» «Mars»! إليكم توضيح ما حدث.

بقلم: جيروم بلانشار [٢]

حلّ آخر الصيف، إنه نهاية الموسم بالنسبة إلى آلان فريبه Alain Frieh، وأيضاً حتى لو لم يكن يعلم ذلك، فإنه بداية مهنته كمحقق. حتى هذه اللحظات لا يزال آلان فريبه مربي نحل عادي في ريبوفيبه (Ribeauvillé) (بمنطقة الألزاس Alsace) الواقعة على بعد ١٥ كيلومتراً تقريباً من مدينة كولمار (Colmar). اقترب آلان من أحد قفائره والأفكار السوداء تراوده، وكان يحمل في يده مبخرة (وهو نوع من المرشات المدخنية). لم تكن تلك السنة جيدة، كان الشتاء قاسياً، والربيع ماطراً مما أتلف إنتاج نحله. يعتمد آلان كثيراً على نهاية شهر أغسطس وبداية شهر سبتمبر لجمع بعض الكيلوغرامات من الذهب السائل الإضافية قبل أن تعزل الحشرات نفسها لتمضية فصل الشتاء. قام آلان في البداية بنشر دخان إبر الصنوبر على القفير، وبعد هذا التحذير لن يهجم النحل عليه، بعد ذلك رفع السقف، وسحب القرص الأول... فيصاب بالذهول أمام المشهد الذي اكتشفه. بدلاً من اللون الذهبي الذي يملأ الخلايا عادة؛ شاهد خليطا من الأزرق والأخضر والأحمر والبنفسجي. سحب قرصاً آخر فظهر أمام ناظريه قوس قزح مذهل شبيه بالأول! ما حصل كان جلياً: لم ينتج نحله ألواناً من هذا النوع وهو يَجْرِس أزهاراً عادية. إذاً، ما هو مصدر تلك المادة؟

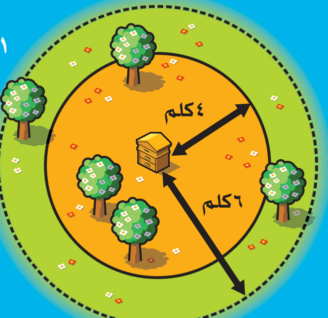
موجة عارمة من الألوان الصارخة!

اتصل آلان –وهو رئيس جمعية مربي النحل في ريبوفيبه وضواحيها– بزملائه الواحد تلو الآخر. واكتشف سريعاً أن قفيره ليس الوحيد الذي تعرض لتلك الظاهرة، بل على العكس تماماً؛ فمئات



من الأخضر إلى الأزرق مروراً بالبنفسجي، لم يعد لعسل آلان فرييه Alain Frieh أية علاقة باللون الجميل أو بإنتاجه المعتاد.

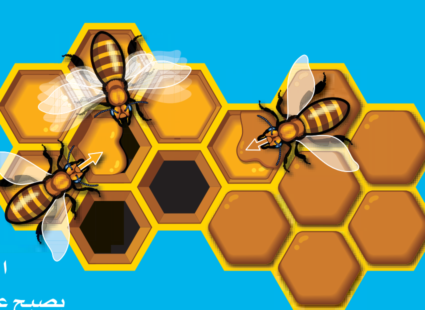
كيف يصنع النحل عسله؟



١ - الجني:
تجرس العاملات الرحيق من الأزهار المجاورة للقفير، عادة ضمن مسافة لا تزيد عن ٤ كلم. لكنه إذا تعذر وجود ما يكفي من الزهور في هذا المحيط، قد تبحث العاملات في منطقة أبعد، تصل إلى ٦ كلم.



٢ - التحويل:
بعد عودته إلى القفير، يتبادل النحل محتوى "حوصلته الإجتماعية" حافظة داخلية للأكل. بسبب تكرار المضغ، يفقد الرحيق ماءه فيجف ويسمك. فضلاً عن أن لعاب الحشرات يحوي بعض المواد التي تمنع استقرار البكتيريا والفطريات، فيتحول هذا العسل إلى منتوج "طويل الأجل".



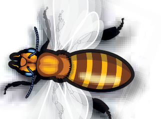
٣- التخزين:
عندما يصبح قوام العسل لزجاً نسبياً، يخزن في النخاريب، يروّحه النحل قليلاً بجناحيه ليزيل منه المزيد من الماء. في تلك المرحلة، يصبح الرحيق الذي لم يكن أساساً سوى ماء حلوا يصبح عسلاً. لم يعد يحوي الآن أكثر من ٢٠٪ من الماء؛ فتسد الخلايا بالشمع. إنها أغذية محفوظة، تفتح في الشتاء لتقتات منها العاملات.

ILLUSTRATIONS SANDRINE FELLAY POUR SVJ

من جماعات النحل قد غمرتها تلك الموجة العارمة من الألوان الصارخة! يا لها من كارثة. إن المعايير الفرنسية التي تحدد منتوج "العسل" معايير صارمة للغاية: ينبغي أن ينتج النحل العسل من رحيق الأزهار وليس من مادة غريبة متعددة الألوان، حتى لو كانت المواد التي استخرجها مربو النحل من القرص تتسم بتماسك العسل اللزج وطعمه الحلو فإنه من المستحيل أن تحظى تلك المواد بتسمية "عسل"... وبالتالي لا يمكن أن تُباع، ومن ثمّ فقد قُضي على نهاية موسم العسل بالنسبة إلى مربي النحل. هناك تهديد أكبر يلوح في الأفق: ماذا لو لم يكترث النحل خلال السنة المقبلة بالأزهار ويُنتج حساء قوس قزح نفسه؟

وهكذا قرر آلان فرييه وزملاؤه أن يقوموا بتحقيق ليعثروا على مصدر هذا العسل الغريب؛ يشرح نيكولا جيان Nicolas Géant، وهو مربي نحل في إيل دو فرانس (Ile-de-France) (فرنسا) الوضع قائلاً: "علينا أن نعرف أن النحل مدمن على السكر. وإن كان لديه الخيار، سيفضل دائماً أن يقتات برحيق الأزهار، وهو مجرد ماء حلو. لكن في حال نقص الرحيق ووجد النحل شراباً آخر في متناوله، فلن يتردد بجرسه."

ذلك ما يفسر عدم حصول هذه الظاهرة الغريبة عندما حل الربيع، لا مجال آنذاك أن يجرس النحل بديلاً عن الرحيق لأن الرحيق الحقيقي متوفر بكميات كبيرة. إن النباتات المزهرة كثيرة للغاية في الواقع، ومن الضروري جذب الملقحات لها... وهي حشرات تساعدها على التكاثر. إن حضرتم دروس علوم




كم تفاجأ مربو النحل في ريبوفييه (Ribeauvillé) عندما اكتشفوا لون النخاريب في قفائرهم!

VINCENT KESSLER/REUTERS

عندما تتضاءل كمية الأزهار لا يتردد النحل في البحث عن الرحيق في مكان آخر، وهكذا كان شراب الشوكولاتة المعروفة "إم وإم" (M&M) والمتوفر بحرية قد حل محل الرحيق

PHOTO M&M'S MARIE FLORES POUR SVJ

الحياة والأرض، فأنتم تعرفون التالي: عندما يرتشف النحل الرحيق يمتلئ باللقاح، فيحمله ويضعه على مدقات الأزهار التي يجرسها لاحقاً (تزور النحل زهاء ٧٠٠ زهرة يومياً). اللقاح عند الأزهار هو ما يعادل الحيوانات المنوية، والمدقة تعادل المبيضين. عندما يتلامسان يتم التلقيح سريعاً: وبذلك تكون البذور أساس النباتات الجديدة في العام التالي.

تمثل الفترة الممتدة من أبريل إلى يونيو فترة زمنية مباركة للنحل. فضلاً عن أن الأزهار من أنواع مختلفة تتنافس بشدة لجذب النحلة: حيث تنتج رحيقاً من نوع ممتاز، وفيراً وحلواً كثيراً. فمع تعدد الأزهار ووفرة ورحيق أربعة نجوم... لا سبب يدفع النحل إلى البحث في مكان آخر عن رحيق يصنع منه عسله.

لكن الوضع في "سوق" الرحيق يتدهور تماماً في شهر أغسطس؛ ليس لأن عدد الأنواع التي تزهر في هذه الفترة قليل ولكن لوجود منافسين من حشرات ملقحة أخرى مثل الطنّانات والدبابير خلال الصيف! بفضل تلك الجماعات من الحشرات المستهلكة الجائعة، ضمنت الأزهار تلقيحها حتى لو كانت تنتج بكميات قليلة رحيقاً يكاد لا يكون حلواً.

ماذا ارتشفت إذاً؟

هل يتعلق الأمر بزهور نادرة، وبرحيق سيئ: هذا ليس مستغرباً إن جرب نحل منطقة ريبوفييه غذاء أكثر غرابة. يبقى التعرف إلى ذلك المصدر الغامض؛ لا بد أنه يتسم بثلاثة شروط: القرب من القفائر (ضمن مسافة لا تتعدى ٦ كلم كحد أقصى)، توفره على شراب حلو للغاية، والشرط الأخير توفر مجموعة الألوان التي تملأ أقراص القفائر...

أما، إن كان في أوروبا من مصدر للشراب المتعدد الألوان فهو يقع بالتحديد في الألزاس Alsace، إنه مصنع بلدية هاغونو (Hagueneau) الأكبر الذي تمتلكه شركة مارس (Mars) في القارة الأوروبية. ينتج هذا المصنع سنوياً ٧٠ ألف طن من "الحلوى بالشوكولاتة"، منها القليل من أصابع شوكولاتة "مارس" والكثير من حبوب الفول السوداني الصغيرة المغلفة بالشوكولاتة وبقشرة حلوة: هي حبوب "إم وإم" (M&M) الشهيرة. الحبوب التي تلتهمونها أثناء مشاهدتكم الأفلام مع أصدقائكم كانت كلها قد صنعت هنا. الزرقاء منها والصفراء والحمراء، كلها! يخرج من سلسلة هذا المصنع مجموع ١٤ لوناً، لا تتميز الملبَّسة عن غيرها إلا بالصبغ الموجود في الشراب الحلو الذي عندما يتجمد يشكل القشرة: E100 للون الأصفر، و E120 للون الأحمر، وE141 للون الأحمر، وهكذا دواليك.

لكن ثمة مشكلة: يقع مصنع الأم لسكاكر "إم وإم" (M&M) بعيداً عن متناول النحل الأكثر جوعاً، أي على مسافة تتعدى الـ ١٠٠ كلم من ريبوفييه! لذلك اهتم مربو النحل في تحقيقهم بمصنع من نوع مختلف تماماً، أكثر تواضعاً وأقرب بكثير أيضاً، لأنه يقع على مسافة ٤ كلم من بعض قفائرهم. تم افتتاح هذا المصنع في ٢٤ يناير من العام ٢٠١٢، إنه الأول من نوعه في الألزاس: يخمرون فيه نفايات إحيائية لإنتاج الطاقة. بدلاً من أن تحرق نفايات المزارعين المجاورين من بصل مهترئ وثقل العنب (إنها منطقة مليئة بالكروم) بطريقة غير ذكية أو ترمى في المكب، تهضمها بكتيريا وتحولها إلى حرارة وغاز. تسمح الطاقة المنتجة بتسخين ماء مركز المعالجة بالماء الساخن الذي يقع في الجوار، وعندما يعمل

المصنع بأقصى طاقته، سيؤمن ما يكفي من الكهرباء لقريتين مثل ريبوفييه! إنها طاقة صديقة للبيئة ١٠٠٪. فضلاً عن أن كل أنواع النفايات يعاد تدويرها كطاقة؛ وهكذا تتخلص المتاجر الكبرى بفضل هذا المكان من البضائع غير المباعة، مثل شاحنات علب بيض كاملة انتهت صلاحيتها في تغليفها الكرتوني، كما تأتي بعض مصانع المنطقة -أيضاً- بنفاياتها العضوية.

لا خطر على النحل

لا شك أنكم تتخيلون ما جرى؟ عندما توجّه مربو النحل إلى الموقع، لم يكن ضروريا الدخول إليه ليدركوا ما حدث. شاهدوا مئات الحشرات تطنّ حول البراميل المفتوحة في الهواء الطلق، هذه البراميل كانت مليئة بالسوائل من ألوان مختلفة: أزرق وأحمر وأخضر... ها هو المصدر الغريب! كشف لهم مدير المصنع المسألة: تأتي تلك البراميل من سلسلة سكاكر "إم وإم" تحوي شراباً مخصصاً لصناعة القشرة الجوزية الملونة، لكن بما أن تاريخ صلاحيتها قد انتهى أو لونها لم يكن اللون المطلوب فقد تم تصنيفها "نفايات". أخذ المدير يعتذر بشدة ووعد بتخزين البراميل من الآن وصاعداً في مخزن بعيد عن الحشرات الجارسة.

هل انتهت القصة؟ لا، هناك سؤال ظل قائماً: ماذا عن النحل إذاً؟ هل من الممكن أن يتضرر من حمية السكاكر تلك؟ يطمئن نيكولا جيان، صاحب قفائر في منطقة باريس، قائلاً: "لا خطر على النحل. في نهاية الصيف، يحدث أن يتفاجأ معظم مربو النحل عندما يفتحون قفائرهم. أنا حصدت عسلاً بالشوكولاتة! لا بد من أن حشراتي الجارسة نهبت سطلاً من الملبّس الذائب عند بائع الحلويات... لم أتمكن من بيعه لكنه كان لذيذاً!" والمذهل في ريبوفييه كان حجم الظاهرة، فقد أصابت مئة قفير، لم يسبق أن شهدنا ذلك قط. ستعود حياة النحل إلى طبيعتها بعكس حياة مربي النحل الذين خسروا حصاداً كاملاً في تلك العملية.

المسار الذي سلكه النحل لِيُنتج العسل الملون بألوان قوس قزح

يخزن هذا المصنع في الهواء الطلق، براميل مليئة بالشراب المنتهي الصلاحية، كان يستعمل في صناعة الـ م و أم (M&M). لذة للنحل!

(1) ENQUÊTE SUR LE MYSTERE DU MIEL ARC-EN-CIEL, Science & Vie Junior 280, pp 22-24
(2) Jérôme Blanchart



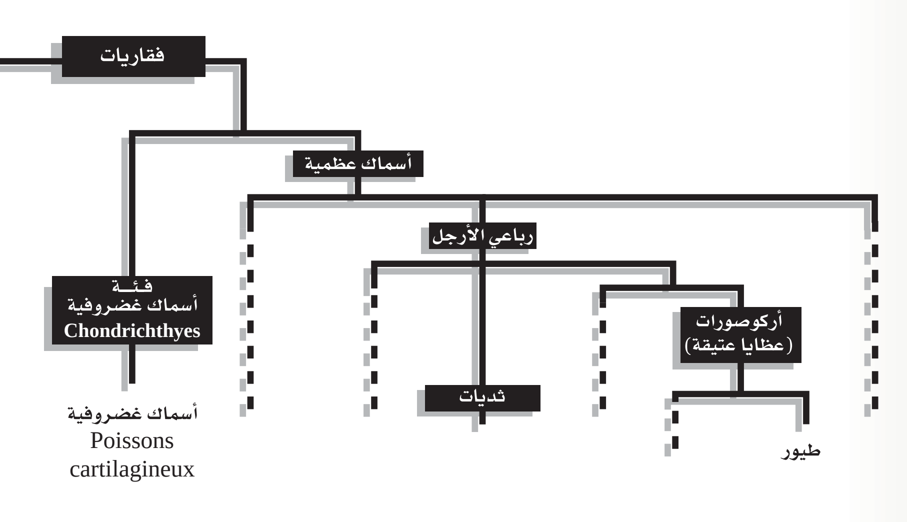

فيم تفكر اللافقاريات؟(١)



هي «الكائنات الحيوانية الدنيا». إنها مجردة من العمود الفقري، ذات جسد مترهل وغير محبّذة، مزودة بشبه دماغ... تبدو اللافقاريات، سواء كانت من الرخويات أو الحشرات أو العناكب، أشبه بمجموعة زاخرة من الكائنات غير المتمايزة. هذا تصوير خاطئ! فقد بيّنت بعض الأبحاث أن لهذه الكائنات شعوراً، بل تعرف الألم، وربما لها حياة داخلية خاصة بها. إنها «موجودة» أيضاً! رحلة للتعرف على هذه الحيوانات..

بقلم: فينسان نويريغا [٢]

WATER FRAME/BORUT FURLAN/BIOS



اللافقاريات: إحدى الشعب في تصنيف الكائنات الحية

ينقسم عالم الحيوانات إلى شعبتين أساسيين: الفقاريات (الثدييات، الطيور، الأسماك، الزواحف...) واللافقاريات (القشريات، الحشرات، الحيوانات العنكبوتية، الرخويات...) والتي تمثل ٩٥٪ من أنواع الكائنات. ويعود تاريخ ظهورها إلى ٦٠٠ مليون عام من الوقت الراهن، فكل شيء منذ ذلك التاريخ صار مختلفاً. تفتقر اللافقاريات إلى الهيكل الداخلي. أما الجهاز العصبي المركزي (باللون البرتقالي) فهو شديد التمركز لدى الفقاريات، وبخاصة لدى الإنسان، أما لدى الحيوانات الأخرى فهو غالبا ما يكون صغيرا وموزع على أنحاء الجسم.

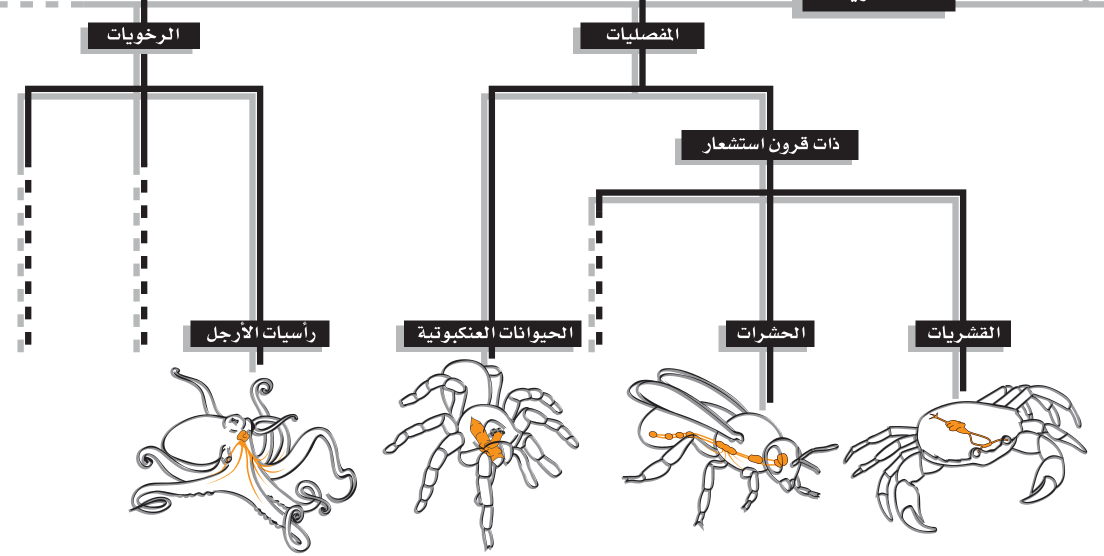
نهشمها، نسويها مع الأرض، بل نسحقها سحقاً... هذا إذا لم نلق بها حية في قدر من الماء المغلي. سواء كانت من القشريات، أو الرخويات، أو الحشرات، أو العنكبوتيات: لا نبالغ حين نقول إن البشرية تعامل اللافقاريات بلا رحمة! هذه الحيوانات المجردة من العمود الفقري - والتي تشكل حوالي ٩٥٪ من أنواع كائنات كوكبنا - لا تزيد في نظرنا عن كونها حشداً عاماً وزهيداً من عالم الحيوان. فنحن لا نرى فيها سوى أجساد غريبة، مقززة في غالب الأحيان. بل وخلافاً للكلاب مثلاً التي تبدي اعتراضاً إن دسنا على أقدامها لا تبدي هذه الحيوانات الصغيرة أية حساسية كسائر الحيوانات، باستثناء بعض ردود الفعل العفوية النادرة... ذلك ما يبدو لنا. وفي هذا السياق تقول فلورانس بورغا Florence Burgat، الفيلسوفة لدى المعهد الوطني للبحث الزراعي الفرنسي (Institut national de le recherche agronomique): "لا يتضمن الإحصاء الرسمي للحيوانات المستخدمة في مختبرات اللافقاريات. دليل على اعتبارها كتلة غير حية مثلها مثل القفازات الواقية والإبر المستخدمة".

> هذه الكائنات "الدون-حيوانية" تبدي قدرات إدراكية وشعورية مذهلة

بيد أنه منذ أكثر من عقد من الزمن، تتوالى نتائج علمية مثيرة للقلق بشأن هذا الموضوع، لاسيما وأن بعض هذه الكائنات "الدون-حيوانية" تبدي قدرات إدراكية وشعورية مذهلة، يمكن مقارنتها أحياناً بقدرات الثدييات! وهذا ما حمل نخبة من خبراء العلوم العصبية، في اجتماع انعقد في ٧ يوليو ٢٠١٢م في جامعة كامبريدج على صياغة بيان رسمي مفاده: أن عدداً من هذه المخلوقات، وبخاصة الأخطبوط، ربما يكون ذا... وعي! ولا شك في أن بياناً كهذا من شأنه أن يثير الحيرة في أي شخص التقط ذات يوم سرطان البحر على شاطئ ما. إن اتخاذ موقف كهذا، في الواقع، يعكس الأسئلة لمختبرات اللافقاريات. دليل على اعتبارها كتلة غير حية مثلها مثل التي بات يطرحها الباحثون. فما الذي يدور تحديداً في رأس اللافقاريات؟ وماذا لو تبين أنها كائنات عرضة للمشاعر؟ وماذا لو... كانت هذه الحيوانات التي تبدو بدائية تتمتع بحياة في داخلها؟

هذه التساؤلات المطروحة منذ زمن أرسطو، ليست مجرد أسئلة فلسفية شاعرية، فمسألة تعزيز الظروف المعيشية الخاصة بالمواشي أو حتى ذبحها باتت مجالات بحثية قائمة في حد ذاتها. وبعيداً عن دائرة المناضلين في مجال حقوق الحيوان. يحظى موضوع "صحة





الحيوان" بمشاركـات في المجلات المحكمـة، والمختبـرات الجامعيـة. فضلاً عن العجول والأبقار والدواجن التي لم نعـد ننكر حساسيتها، بـات الضمير الأخلاقـي يهتم الآن باللافقاريات.

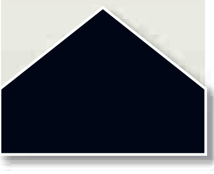
فهـم أيضـاً يُرعـون، يُكَدسـون، يُستَهلكـون أو يتـم تشريحهم في المختبرات،... دون أي تخدير.

في بلاد الحيوان-الآلة

خصصت نـدوة عُقدت مؤخراً في باريـس حيزاً كبيراً مـن اهتمامهـا لكائنـات كجراد البحـر وسرطـان البحر والأخطبـوط والحلـزون وشتى أنـواع الحشـرات. ويلفت جورج شابوتييه Georges Chapoutier، خبيـر البيولوجيا العصبيـة والفيلسـوف في مركـز إيموشـن Emotion بمستشفى بيتـه- صالبيتريـير Pitié-Salpêtrière قائلاً: "هذا ليس أمراً هيّناً في بلد ديكارت Descartes ونظرته للحيـوان- الآلة فلطالما انطلقنا من مبدأ أن الكائنات غير الناطقة، لا تشعـر بشيء، كشأن الأطفال الرضع الذين لم يكـن يتم تخديرهم حتـى الستينيات الميلاديـة من القرن الماضـي". وهـا قـد أصبح الأخطبوط منـذ الأول من يناير ٢٠١٣م محميـاً بموجب قانـون أوروبي (الرجـاء الاطلاع على الهامش في اليسار "علامَ ينص القانون؟")!

علامَ ينص القانون؟

لا تتمتـع اللافقاريـات في فرنسا بـأي وضع قانوني، باستثنـاء الأنـواع المهددة بالانقراض. ولكـن منـذ ١ ينايـر ٢٠١٣م، تفرض التوجيهات رقم ٢٠١٠/٦٣ بشـأن إجـراء اختبـارات علـى الحيوانـات، اتخـاذ إجـراءات احتياطية فيما يتعلـق برأسيـات الأرجـل (الأخطبوط، الحبار...)؛ نظـراً "لقدرتهـا علـى الشعـور بـالألم والمعاناة والجزع".



لا شـك في أن الجهـاز العصبـي لدى اللافقاريـات لا يعـد حجـة تدعـم هـذه النظرية (يرجى الاطلاع أعلاه). فعوضاً عن الجهاز الكبير المتضخم والرائع الذي أُنعـم به على الثدييـات، والمغلف بالقشرة المخيـة الحديثـة ذات الطيـات المتميزة، تمتلـك اللافقاريـات "مخـاً مصغـراً"، تائهاً بـين العقد المنتشـرة. عالم مختلف تماماً...

إلا أن هذه الفوارق الهندسية الصارخة مخادعـة في الواقـع! وإليكـم الشـرح من رالـف غرينسبـان Ralph Greenspan خبـير البيولوجيـا العصبيـة في جامعـة كاليفورنيـا بالولايـات المتحـدة الامريكية المتخصـص في ذبـاب الفاكهـة: "علـى الرغم من الفوارق التشريحية، ثمة توافق بين وظائف البنى المخية لدى اللافقاريات وبنـى دمـاغ الفقاريـات". وهو مـا يحلله مارتـن جيورفـا Martin Giurfa، خبيـر النحـل في مركز أبحاث الإدراك الحيواني (تولـوز) Centre de recherches sur

M.KONTENTE

la cognition animale، "بالرغـم مـن تباعـد الشعبتـين بشـكل كبير منـذ مئات ملايـين الأعـوام، فقد خضعـت أدمغتهما منـذ ذلك الحـين لنفس القيـود- البحث عـن مـأوى وطعـام، التكاثـر، الهرب من الخطر..."، مضيفاً ما لاحظ: "من تشابه بين البصلة الشمية لدى الفقاريات، وفص مجسـات الحشـرات، أو حتى وجود خلايا عصبيـة مماثلة على الصعيد الوظيفي في هذيـن المتعضيين، مثل الخلايـا العصبية المتضـادة في الألـوان." كذلـك الأمـر بالنسبـة للقشريـات: فافتقارهـا لقشـرة مخيـة بصرية على سبيل المثال لا يحرمها النظـر، بـل والنظـر الجيد! من هنـا فإن غيـاب القشرة المخيـة الحديثة لا يمنعها، علـى الصعيـد النظـري، مـن الإحساس بمشاعر في "أحشائها".

ماذا عن حجـم دماغ هذه المخلوقات؟ فالبيانات حاسمة: ٨٦ مليار عصبون لدى الإنسـان، مقابل حـوالي ٢٠٠ مليون لدى الأخطبـوط، مليـون عصبـون فقط لدى النحلـة، ٦٠٠ ألـف لـدى العناكب، و ٢٠٠ ألف لـدى ذبـاب الفاكهة... لـذا يصعب علينا تصـور قيام تجهيـزات ضعيفة إلى هـذا الحـد بأكثر مـن بعضـ ردود الفعل البدائية للمحفزات الخارجية!

أنظمة معقدة

إن تمتـع اللافقاريـات بحيـاة داخلية



مارتن جيورفا
MARTIN GIURFA
باحث في مركز أبحاث الإدراك الحيواني.

بوسع النحلة التحكم بمفاهيم مجردة، الأمر الذي كنا نظنه يقتصر على الرئيسات.





يفترض شعورهـا بأحاسيس، وقدرتهـا على توليـف جميع المعلومـات الخارجية، وحفظهـا في الذاكـرة، وكتابـة حكايـة خاصـة بهـا -وإن كانـت بدائيـة جـداً- ومـن ثم الخروج منهـا بنتائج... وفي هذا السيـاق يلخص إيـان ماينرتزاغن Ian Meinertzhagen، المنتسـب لمختبـر علم أحيـاء أعصـاب اللافقاريـات في جامعة دالـوزي (Dalhousie) بكنـدا: "لا يهـم هنـا عـدد الخلايـا العصبية بقـدر تنوع أنمـاط هـذه الخلايـا المعنيـة، ودرجـة ترابطهـا، أي مـدى تعقيـد النظـام. من هـذا المنطلق، يتبيّن أن النظـام البصري الخاص بالذبـاب لا يقـل تعقيـداً- على الأقل- عن شبكية الفقاريات".

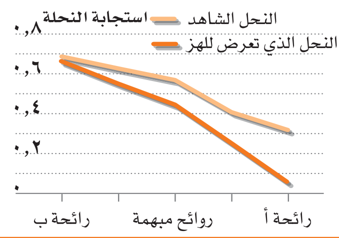
ويذهـب برونـو فـان سويندريـن Bruno van Swinderen، أخصائـي عمل الأنظمة الإدراكية لدى معهد الدماغ في كوينزلانـد (أستراليـا) إلى أبعـد من ذلـك حيـث يقـول: "تشـترك العديد من الأدمغة في نهاية المطـاف في توليد نشاط عصبي معقد بشكل مستقل عن المحفزات الخارجيـة. فـلا حاجة لرصـد دماغ أحد الثدييات لتوليد الإشـارات التي قد تسفر بدورهـا عـن بدائيـات التفكيـر. فهذا لا

التجربة التي تظهر...
انفعالية النحل

خلال تدريب سابق، يتعلم النحل (Apis mellifera carnica) ربط الرائحة (أ) بمكافأة ما، والرائحة (ب) بعقوبة. يتم بعد ذلك فصل النحل في مجموعتين، وضعت إحداهما في طاردة مركزية مدة دقيقة واحدة، وكأن ثمة حيوان مفترس يهاجم عشها. تُعرض خلال الدقائق الخمس التالية خمس روائح مختلفة على النحل كله، منها الرائحتان (أ) و (ب)، إضافة إلى ٣ روائح متوسطة ما بين الرائحتين (أ) و (ب).

النتيجة: النحل الذي تعرض "للهز" أكثر ميلاً لتحليل الروائح المبهمة على أنها توحي بعقوبة- فهي "ترى النصف الفارغ من الكأس". ذلك أن تقديرها، بل نظرتها للعالم بصفة عامة تصبح مشوبة "بتحيز إدراكي متشائم"، شأنها شأن الإنسان المصاب بالاكتئاب. ما يدل على إمكانية إحساس النحل بحالة من الهم والقلق.

مجموعة النحل المتوترة تحذر من الروائح "الغامضة"



يتطلب سوى عدد كاف من الخلايا العصبية، ودرجة معينة من الترابط، وشبكات من المنبهات والمثبطات، وبعض اللدونة المشبكية...والملاحظ أن كل ذلك متوفر لدى الكائنات التي تعادل الذباب في بساطتها." ومن ثم أصبحت مسألة حساسية اللافقاريات أقل غرابة حتى وإن بقيت تطرح بعض التساؤلات، بالنظر مثلاً إلى العالم الكيميائي الحسي الذي يقطنه الأخطبوط والذي تكمن معظم خلاياه العصبية ... في مجساته.

باتت معظم الأعمال البحثية الراهنة- ولأسباب أخلاقية- تستكشف الجانب الأكثر عنفاً من المشاعر التي ربما تعيشها هذه الحيوانات: الألم، ذلك الشعور المؤلم والشاذ المنبثق عن بعض الأنسجة، والذي يوجهه الدماغ. وهو بحث عصبي بلا شك لا يمكن إجراؤه بمجرد مشاهدة ردود الفعل الحية التي يبديها سرطان البحر عند ملامسة الماء المغلي. ويشرح جورج شابوتييه: "تُبدي جميع الحيوانات- والبكتيريا أيضاً!- باستثناء الإسفنجيات والديدان الشريطية- ذلك الفعل الانعكاسي المنطوي على التراجع أو الهرب: فبقاء النوع يفرض قطع أي اتصال بأي عنصر مضر."

ومن ثمّ فإن رد الفعل الغريزي هذا لا يعكس بالضرورة استشعار ألم من قبل الجهاز العصبي المركزي. ويشير روبرت إلوود Robert Elwood، أستاذ السلوك الحيواني وخبير القشريات في جامعة كوينز في بلفاست (إيرلندا الشمالية): إلى أن "تمييز الخلايا العصبية المنشطة لدى التعرض لمنبه موجع لا يكشف لنا عما تستشعره في الواقع". إلا أن دراسة هذه المخلوقات المحتقرة لمدة طويلة، يساعدنا على التوصل لاستنتاجات أكثر دقة... شريطة عدم المبالغة في تفسير النتائج مثل تشنجات حشرة تم رشها بمبيد دي دي تي (ثنائي كلورو ثنائي فينيل ثلاثي كلورو الإيثان).

أكثر من مجرد فعل انعكاسي بسيط

يعمل روبرت إلوود منذ أكثر من خمسة أعوام على إثبات شعور الألم لدى القشريات مستخدماً البرتوكولات الأكثر دقة. وفي عام ٢٠٠٧م، قام بطلاء أحد قرني الإستشعار في ١٤٤ قريدس بمادة مزعجة، ليجد أن القريدس يعكف بعد ذلك مهووساً على عملية تنظيف قرن الاستشعار المطلي. كما لوحظ الأمر نفسه في سرطان البحر. ويقول إلوود محللاً: "هذا السلوك المطول والموجه هو أكثر من مجرد فعل انعكاسي بسيط".

بعد عامين، عرض عالم الأحياء على مجموعة من سرطانات البحر أنواعاً مختلَفة من الصدف، التي تولد صدمات

C.KREBS/CORBIS - P.GARAT/ODESSA - M.KONTENTE



التجربة التي تظهر...

ذكاء الأخطبوط

أظهر عشرون أخطبوطاً (من نوع Amphioctopus marginatus) تمت متابعتهم مدة ٩ سنين في المياه الإندونيسية السلوك التالي: يلتقط الأخطبوط قوقعة جوز الهند ويتخذها درعاً لحماية جسمه الرخو المعرض للمخاطر في الأعماق الرملية (أدناه). الجدير بالذكر أن المسألة ليست مجرد بحث عن مأوى، فهذا الأخطبوط يحمل معه "درعه" على مدى مسافات بعيدة للاستفادة منها لاحقاً: فهو يستخدم هنا أداة. يتعلق الأمر قدرة إدراكية بالغة التطور قريبة من الذكاء كنا نظنها مقصورة على بضعة ثدييات وطيور.

كارنت بيولوجي، ٢٠٠٩، متحف فيكتوريا.



كهربائية متفاوتة في شدتها. وقد كتب إلوود حينذاك: "يدل بحثُ سرطان البحر على وجود نشاط دماغي، ويوحي بفكرة الألم." وقد أعيد تحرير هذه التجربة على سرطان البحر الأخضر، والتي كُللت بالنجاح. (يرجى الاطلاع في ص٩١ على الإطار "حساسية السرطان").

بيد أن الألم هو شعور يصعب قياسه بشكل مباشر، ويقر إلوود بذلك: "يكاد يكون من المستحيل التوصل إلى دليل حاسم على الألم". وحتى لو أمكن حقاً قياس الألم، لن يستطيع أي إنسان تصور الأحاسيس الشنيعة التي تخالج سرطان البحر ذي الجهاز العصبي المختلف اختلافاً كبيراً عن جهازنا العصبي. كما يتعذر علينا تمييز الحد الملموس الذي يفصل بين الألم –وهو إحساس فيزيائي بحت– والشعور النفسي بالمعاناة. مع ذلك تستنتج فلورانس بورغا، وغيرها من الباحثين في هذا المجال أن: "الحيوانات ربما يغمرها الألم تماماً بسبب افتقادها للوسائل الإدراكية التي تعينها على النأي بنفسها عنه، كتناسي الطابع المؤقت الذي يميز الألم. عندئذ يكون شقاء هذه الكائنات بالغاً."

هل اللافقاريات... كائنات عاطفية إلى حد بعيد؟ الشواهد الخاصة بسلوكيات متسقة مع الفرح أو الخوف أو الغضب نادرة ويتم التعامل معها بحذر بالغ. وتلفت جينفر ماثير Jennifer Mather، الباحثة في قسم علم النفس في جامعة ليثبريدج (Lethbridge) بكندا، إلى أنه يحدث في بعض الحالات الخاصة "أن يتبدل لون الأخطبوط كدلالة ممكنة، ولكن لا يمكن التحقق منها، على مشاعر داخلية". أما جوناثان برويت Jonathan Pruit في جامعة بيتسبيرغ (Pittsburg) الأمريكية، فلاحظ "سلوكيات اجتماعية–تحمل مظاهر التزاوج– منسجمة مع فكرة اللهو... إلا إنه من الصعب تحديد ما إذا كانت تجد (هذه الحيوانات) فيها متعة".

قبل ٣ عقود، قام إدغار والترز Edgar Walters الباحث في جامعة تكساس (Texas) الأمريكية في سياق أعماله حول أرنب البحر (الأبليزيا Aplysia) – وهو أحد أنواع الحلزون البحري بالغ البساطة وشائع الاستخدام في البحوث البيولوجية العصبية – بقياس "سلوك مماثل على الصعيد الوظيفي للخوف المشروط عند البشر". وقد نالت هذه التجربة شهرة





واسعة منذ ذلك الحين. ويحذر الباحث الأمريكي قائلاً: "هذا لا يعني أن الحلزون البحري يشعر بالخوف وهو مدرك لذلك كما البشر". ولا يخفى عن أحد هنا الخطر: ففي القرن التاسع عشر، رأى العلماء في رقصة النحل تعبيراً صارخاً عن الفرح لدى رؤيته حقلاً من الزهور... في حين بتنا نعلم اليوم أن هذه الرقصة هي لغة لوصف موقع مصدر الغذاء.

سبر أسرار أمزجة اللافقاريات

نظراً لعجزنا عن قياس كل ثنايا عاطفة ما، تقوم عدة فرق بحثية بإجراء اختبارات نفسية على الحيوانات، تُعرف باختبارات "الميل الإدراكي". الهدف: معرفة ما إذا كانت هذه الكائنات قادرة على التمتع بمزاج إيجابي أو سلبي. وفي هذا السياق أظهرت التجربة التي أجرتها

R.STEENE - B.COLE/BIOS - AGE FOTOSTOCK - M.KONTENTE

يحتفظ العنكبوت المتضور جوعاً بصورة ذهنية للمسار

٪٨٧

مسار أ (الفريسة)

٪١٣

المسار ب (علبة فارغة)

التجربة التي تظهر...

الحياة الداخلية الخاصة بالعنكبوت

لإجراء هذه التجربة، حُشد ما لا يقل عن ٦٢٤ عنكبوتاً قافزاً (Portia fimbriata). تجهيزات التجربة: مساران مكونان من أنابيب الألومنيوم، متعددا مواطن التقاطع والعبور، ينتهي أحدهما إلى فريسة (أ) والآخر إلى علبة فارغة (ب). على العنكبوت اختيار السبيل السليم، علماً بأن المسار أعد بحيث تغيب الوجبة عن نظره بمجرد مغادرته نقطة الانطلاق. ينتظر الباحثون أن يهدأ العنكبوت المحروم من الطعام منذ ستة أيام قبل تحريره. يقوم العنكبوت حينئذ بمسح محيطه قبل الانطلاق.

النتيجة: بشكل عام تتبع العناكب الطريق السليم، بالرغم من تعقيده وغياب الفريسة عن نظرها. الأمر الذي يدل على احتفاظ هذه العناكب في صميمها بصورة للمسار المعقد والفريسة. وهذا يعني أنها بلغت مرحلة نفسية متطورة، وهي مرحلة "دوام الكائن"، التي لا يبلغها الأطفال الرضع من بني الإنسان قبل ١٨-٢٤ شهراً.

السلوك الحيواني، ١٩٩٧، جامعة كانتربري.



فلورانس بورغا
FLORENCE BURGAT
الفيلسوفة في المعهد الوطني للبحث الزراعي

قد يغمر الألم هذه الحيوانات العاجزة عن النأي بنفسها عنه

ميليسا بيتسون Melissa Bateson في جامعة نيوكاسل (Newcastle) البريطانية، تحلي نحلة تعرضت للهز العنيف بعد ذلك بـ"ميل إدراكي متشائم" (يرجى الاطلاع في ص٨٧ على الإطار "انفعالية النحل"). وكان هذا البحث لدى نشره محل انتقادات واسعة. إذ يرى برونو فان سويندرين Bruno van Swinderen، أنه لا يجوز هنا الحديث عن العواطف: "ربما تصبح نحلة ما في لحظة ما عدوانية عند تعرضها لمحفز جيد، دون أن نجزم بما إذا كانت تشعر فعلاً بالغضب أو أنها تتجاوب فقط كإنسان آلي". بيد أن ميليسا بيتسون تدافع قائلة: "حتى الآن كان يعد هذا البروتوكول بمثابة معيار للحالات العاطفية السلبية لدى الحيوانات. لنكن منطقيين: لا يمكن القول إن الكلاب والجرذان التي تظهر هذا الميل الإدراكي مصابة بالقلق، في نفس الوقت الذي نرفض فيه قبول الاستنتاج نفسه فيما يتعلق بالنحل. فإما أن يكون عند النحل عواطف كما الفقاريات، وإما أن نعتبر أن هذه الآلية لا تعني شيئاً". توجز هذه الجمل القليلة السابقة بشكل جيد ما يواجه خبراء اللافقاريات من رفض.

ثمة أمر مؤكد: بات من الأصعب إنكار (احتمال) تمتع هذه الكائنات ببعد عقلي. لنحكم من هذا المنطلق على طيف سلوكيات الأخطبوط! (يرجى الاطلاع في ص٨٨ على الإطار "ذكاء الأخطبوط")، مع العلم أن "الأخطبوط يظهر طباعاً مختلفة وقدرة مذهلة على التعلم"، على حد قول جينيفر ماثير. أما على الصعيد الإدراكي، وكما تثبت الاختبارات، تتفوق هذه الكائنات الموهوبة على الأسماك والزواحف، بل وتكاد تصل إلى مستوى الطيور، وربما بعض الثدييات.

لكن الأخطبوط ليس وحده الكائن اللافقاري اللافت والذي اجتذب الأنظار، فلا ننسى النحلة التي أثبت مارتن جيورفا: "أنها قادرة على التحكم بمفاهيم مجردة، مثل "فوق" أو "مختلف"، هذه معالجة راقية المستوى؛ ربما ظنناها مقتصرة على الإنسان والثدييات". يقترح روبرت جاكسون، عالم الأحياء في جامعة كانتربري (Canterbury) (نيوزيلاندا)، دليلاً مقلقلاً آخر بشأن العنكبوت القافز (Portia) (يرجى الاطلاع في ص٨٩ على الإطار "الحياة الداخلية الخاصة بالعنكبوت"): "بينت تجاربنا أنها قادرة على حفظ صورة ذهنية للفريسة البعيدة عن نظرها، راسمة مخطط اقترابها في الوقت نفسه". وهذا يثير مسألة "دوام الكائن"، وهي قدرة تتفق مع مفهوم "الحياة الداخلية". بالمقارنة، يكتسب الطفل هذه القدرة بدءاً من سن ١٨-٢٤ شهراً. وهذا أمر لا يستهان به!

تثير هذه النتائج المتفرقة -بلا شك- في مجملها تساؤلات على الأقل. ويلخص برونو فان سويندرين: "تظهر معظم هذه الحيوانات حجماً ما من الذاكرة، وها نحن نكتشف الآن أن أبسط هذه الحيوانات قادرة على التركيز بشكل انتقائي. وهاتان آليتان تتدخلان في المشاعر، وحين تتفاعلان، أي حين يتجه التركيز نحو ذكريات شخصية، ربما تسفران عن إدراك" (وعي). إدراك؟ بالفعل، يتعذر تصور الأخطبوط أسير حالات نفسية! لكنه ربما يكون قادراً ببساطة على تصور العالم بشكل موضوعي، أو الشعور بعواطف ما وإدراك ذلك تماماً. ولما لا؟ فحتى اليوم، لا دليل على حاجة الإدراك لمقر حصري يظهر فيه، على غرار القشرة والقشرة المخية البشرية الحديثة.

ويتوقع ديفيد إيدلمان David Edelman، عالم الفيزيولوجيا العصبية في جامعة بينيغتون (Bennington) بالولايات المتحدة الامريكية، وأحد موقعي "بيان كامبريدج"، "المسألة تنطوي على معرفة درجة التعقيد العصبي الذي قد يلزم لوجود الوعي". مسألة مثيرة فعلاً ولا يملك أحد لها إجابة..

"وعي نحلة"

حتى الساعة، ما زلنا في حيز التخمين. ويقول ديفيد إيدلمان في هذا السياق: "في رأيي، من الصعب تفسير أداء النحلة المذهل بالنظر إلى صغر دماغها- الأفقر ١٠٠ ألف مرة من الإنسان من حيث الخلايا العصبية. ربما يكون هناك شيء غير التشابك "الصارم" بين الخلايا العصبية".

ثمة مرشح آخر تم اختياره، هو

التجربة التي تظهر...

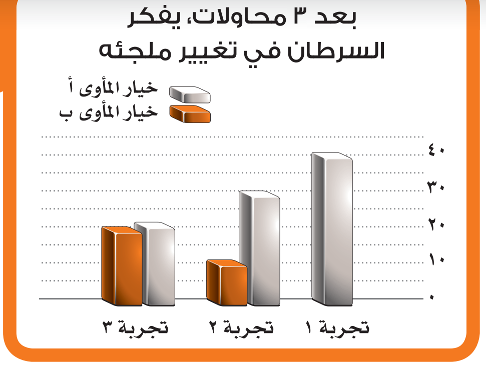
حساسية السرطان

عملية بسيطة: يوضع سرطان أخضر (Carcinus maenas)، وُصل ساقه الخامس بسلك كهربائي، وسط وعاء جاف، في طرفيه المتقابلين مأوى مظلم، على غرار الأماكن التي تبحث هذه الحيوانات عنها بطبعها في الجِزر هرباً من الحيوانات المفترسة. فإن اختار السرطان المأوى (أ)، تعرض بعد خمس ثوان لشحنة كهربائية تعادل ١٠ فولت، ما يحمله بصفة عامة على مغادرة المكان. عند المحاولة الثانية، يميل السرطان إلى العودة إلى المأوى (أ) و إن تعرض مجدداً لصعقة كهربائية. ولكن بدءاً من المحاولة الثالثة، تقوم معظم الـ٤١ عينة محل الدراسة باستخلاص دروس من التجربة، لتتجه نحو المأوى (ب)، الآمن، هاجرة المأوى (أ) الذي كان قد اجتذبها في البداية. أي أنها تتجنب إعادة تجربة اعتبرتها سيئة. تظهر إذن هذه القشريات بتفكيرها أنها شعرت بإحساس مؤلم!

مجلة البيولوجيا التجريبية، ٢٠١٣، جامعة كوينز في بيلفاست.



B.KLEIN/FEDEPHOTO - BIOS - M.KONTENTE



الأخطبـوط، ذو الوعـي الافتراضي الذي بـات موضـوع العديـد مـن البحـوث في المجـلات المرموقـة. ويضيف هنـا ديفيد إيدلمـان: "أظهرت تجربة قديمـة، أثارت نقاشاً مطـولاً بعد ذلك، قـدرة أخطبوط علـى التعلم من أخطبـوط آخر، ما يوحي بوجود وعي ما".

النحلة، الأخطبوط وربمـا العنكبوت. ولم لا الذُبابة؟ يجد برونو فان سويندیرین صعوبـة في التصديق عندمـا يتعلق الأمر بالذُبابـة، إذ أنـه " لإدراك مشاعـرك، لا بـد لك مـن سجل تاريخـي بمشاعرك. لكـن الذبابة لا تملـك مـا يكفي من الذاكـرة- ولا ما يكفـي مـن الوقـت لذلك. إلا إذا كان ذلـك القليـل كافيـاً للذبـاب... لا علـم لي بذلـك!". ويحـذر سيد كويديـر، Sid Kouider المسـؤول عن فريـق عمل الدمـاغ والوعي في المدرسـة العليـا للأسـاتـذة في باريـس (Ecole normale supérieure de Paris): "إن إثبـات وجـود نوع من الوعي في غيـاب تعبيـر كلامـي هـو أمـر بالـغ الصعوبة، بما في ذلك عند الإنسان".

ويـرى رالـف غرينسبـان، عـالم الأعصـاب، أن تصوير دماغ اللافقاريات لـن يوضح شيئـاً: "هل يمكـن أن تشترك عدة أنـواع في أوجه نشـاط دماغي مميز للوعي؟ هذا أمر غـير مؤكد، إذ لا يمكننا فصل وعي كائن ما عـن جهازه العصبي ومجمـوع أعضائـه. فـلا ينبغـي أن يغيب عنـا: أنه حتى لو كان للنحلـة وعي... فهو وعي جدير بنحلة".

"وعـي النحلـة": هـا قـد تغيـرت نظرتنـا للنحـل، بـل لعـالم اللافقاريات الغريـب بأسـره، والـذي لم يحـظ إلى الآن إلا بالقليـل مـن الاعتبـار. وهـذا لا يعنـي أننـا لـن نتمكـن بعـد ذلـك من سحق ذبابـة دون أن يصيبنا فوراً الشعور بالذنب، كما المجتمعـات الهندية واليانية والبيشنويـة، التـي تجرم قتـل أي حيوان. لا داعـي للمبالغـة! إلا أن إدراكنا أن هذه "الحيوانـات الدنيا" هـي عشائر مكونة مـن أفراد يفرض علينا بعض الاحترام تجاهها. فلها أيضـاً حياتها الخاصة. بما في ذلك العنكبـوت المتحرك فوق عارضة. وحتـى سرطان البحـر الباحث عن قوقعة فارغة يأوي إليها.

(1) À Quoi Pensent Les Invertébrés?, Science & Vie 1144, pp 74-83
(2) Vincent Nouyrigat

أنبتوا بيوتكم! (١)

إنه مشروع من ابتكار مهندس معماري أميركي، تخيّل هذه المنازل صديقة البيئة مئة في المئة بأشجار حية تؤدي دور الهيكل وجدران من أوراق الكرمة. بيت مثالي للعيش على مقربة الطبيعة من الطبيعة!

بقلم: جيروم بلانشار (٢)

أهـلاً بكم في القرية الأكثر خضرة في العالم! حتـى لو تحـول لونها إلى أصفـر في الخريف، من الصعـب أن نتخيـل قرية صديقـة للبيئة أكثر من ذلـك: فالمنـازل التـي تتألـف منها هـي... حيّة! يتشـكل هيكلهـا في الواقـع مـن أشـجار سـليمة ومعافاة تتجذّر بقوة في الأرض. ترفع قمم بعضها نحو السماء إلا أن قمم بعضها الآخر يشكل هيكلاً مكوّراً تسـتند عليه جدران مـن طين ونبات. بين تلـك الجدران، المـكان فسـيح لتعيش فيـه عائلة براحة بقدر الراحة التي يتمتع بها السنفور داخل فطره!

لا تبحثـوا عـن هـذه القريـة النباتيـة علـى الخريطـة، لأنهـا ليسـت موجـودة حاليـاً إلا في خيـال مهندس معمـاري مـن نيويـورك يدعـى ميتشـل جواشـيم Mitchell Joachim. أعـز رغباتـه الغاليـة تحويل المـدن إلى مدن صـديقة للبيئة. تلك المنازل المصـنوعة من الأشجـار أو (Fab Tree Hab) تشـكل مشـروعه الرائد. فيما يصـدر إنتاج الإسـمنت والخرسـانة الضـرورية لبنـاء المنـازل التقليدية يصـدر الكثـير من ثاني أكسـيد الكربـون، نجـد البيت-الشـجرة علـى العكـس، يمتـص ثـاني أكسـيد الكربـون لينمو! وهذه ليست ميزته الوحيدة: بعكس عدد كبير من مشـاريع المهندسـين المعماريين المستقبلية، فهذا المشـروع يمكـن تحقيقه منذ اليوم. من جهة، لا يبـدو مكلفـاً كثيراً ومـن جهة أخـرى لا يعتمد على تقنيّـات لم يتم اختراعها بعـد... أنه يكتفي بالتكيف مع هندسـة المهـارة الموجودة منذ القرن الثالث عشـر: مهارة مهندسـي البساتين. طوروا في الواقـع أثنـاء خدمتهـم للأمـراء والملوك فن "تكييف" الأشجار لتنمو بحسب الشكل المطلوب. إذاً لم لا نكيفها لتكتسب شكل هيكل بيت؟

غير أننا في حـال اعتمدنا على هذه الطريقة وحدها، فسـيكون البيت-الشجرة ضعيفاً للغاية. لأنـه في حال تحركت روافـده وأعمدته كل واحدة من جهة، سـتظهر سـريعاً تشـققات في جدرانه. ينبغي أن تتماسـك العناصر كلها كما تتماسك في مبنى خشـبي تقليدي حيث تثبـت قطعه المختلفة بواسـطة بـراغ وأوتـدة وغيرهـا مـن البراشـيم الخشبية أو المعدنية.

تحلوا بالصبر! عليكم الانتظار عشر سنوات لتسكنوا هذه البيوت

لحسن الحظ، يمكن أن يتكل ميتشل جواشيم Mitchell Joachim علـى معـارف مهندسـي البسـاتين وخاصـة على معرفة الأميركي أكسيل إرلاندسـون Axel Erlandson. خلال منتصـف القـرن العشـرين، تخصـص هـذا الأخـير في "إدماج" أشـجار عدة في شجرة واحدة لتشكيل بنـى حيـة غريبـة. ومـن بـين الأشـجار "الشجرة-السـلة" (راجـع الصـورة فـي يسـار ص٩٤)، المكونـة في الحقيقـة من سـت مميـزات مختلفة النتيجة مثيرة للإعجاب، مع أنها تعتمد كلياً على ميزة بعض الأشـجار الطبيعية، المسماة "اندماج الكامبيوم". (راجع الصور في يسار ص٩٤).

يؤكـد ميتشـل جواشـيم Mitchell Joachim الذي أشـتهر في هذا السـياق وبناء على مهارات الأجـداد من هـذا القبيل أنـه من الممكـن إنبات قرية صـغيرة من المنازل-الأشجار من دون ورش ضـخمة ومن دون مواد بناء ملوثـة. يقول إنه من الممكـن السـكن في مكانـه الخيالي الصـغير بعد عشر سـنوات في منطقة معتدلة الحرارة، ويحدد قائلاً: "بعـد خمـس أو سـت سـنوات في منطقـة اسـتوائية حيث الأشجار تنمو أسرع". في مجلتكم حيث فيض الأدمغـة يجعل المناخ أكثر اسـتوائية ممـا يزيد من نموهـا: يكفي أن تقلبوا الصـفحة المواليـة لزيـارة البيـت الأول الشـاهد علـى هذه القرية الحيّة!

إضاءة

الكامبيوم هو طبقة الخلايا التي تقع مباشرة تحت لحاء الأشجار التي بنموها يكبر الجذع.

LAURENT HINDRYCKX POUR SVJ

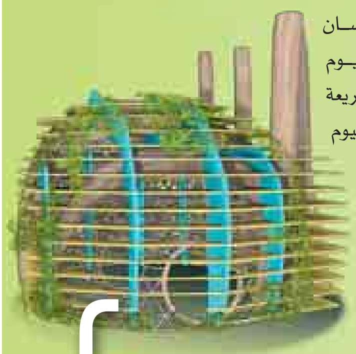


كيف نبنيه

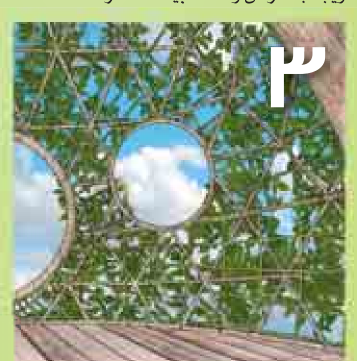
١

ازرعوا أولاً ثماني شجرات. أربع أشجار منها تنمو بطريقة طبيعية وأربع أشجار أخرى تثبّت بأعمدة تجبر جذعها على التقوس والنمو في الجهة المرغوب فيها. تستخدم تلك الأشجار المقوسة لدعم الجدران وفي الوقت نفسه لسند السطح. يمكن لأنواع عدة من الأشجار النفضيّة أن تستعمل لهذه الغاية: الدردار والسنديان أو القرانيا مثلاً. إنها تمزج بين الصلابة وطول العمر والقدرة على «دمج الكامبيوم بعضه ببعض.»

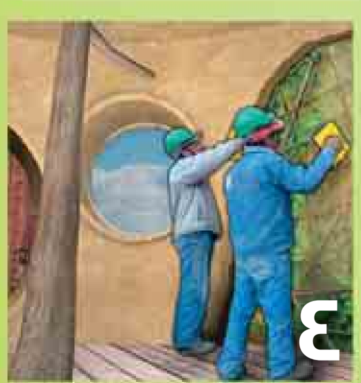
عماد



تلك الميزة الأخيرة ضرورية. في الواقع فإن أغصان الأشجار وجذوعها تثخن بفضل ذلك الكامبيوم والكامبيوم طبقة خصيبة للغاية من الخلايا سريعة الإنقسام تحت القشرة مباشرة. تنقسم خلايا الكامبيوم من الربيع إلى الخريف وتشكل كل سنة دائرة جديدة (حلقة تسمى نمو الشجرة). أو عند بعض الأجناس (خاصة عند الأشجار النفضيّة)، عند يتلامس غصنان أو جذعان لبعض الأنواع (مثل الأشجار النفضية) يمكن للكامبيوم أن يندمج شيئًا فشيئًا في كتلة واحدة وينمو ككائن واحد.! يصلب ذلك الاندماج بنية البيت الحيّ، ويجعل من «عارضاته وأعمدته المتحدة» أقوى من البراغي أو الإسفينات. فضلاً عن ذلك، يمنع الأشجار من النمو كما تشاء... ويجنب تعرض وحدة البيت للخطر.



خلال بضع سنوات، يصل الهيكل إلى شكل وحجم نهائيين تقريباً. ولا تتوقف الجذوع عن النمو عرضياً لكن بوتيرة بطيئة أكثر فأكثر ولا تشكل خطراً على البنية. بفضل أعمدة جديدة، ننبت شبكة من الكروم على سطح الجدران المستقبلية، مهيئين مساحات للأبواب والنوافذ. يمكن أن تندمج أغصان الكرمة كأغصان الأشجار لتشكل كائنا ضخما واحدا.



عندما تمد الكرمة شبكتها على كل المساحة، تسحب الأعمدة التي أصبحت من دون فائدة. يبقى أن تسد الثقوب بمزيج من عازل من القش والطين، وتركيز الباب والنوافذ إلى جانب خزان جامع للماء على سطح البيت... قبل ترتيب الداخل بالطبع!

أهلاً

الهيكل

بما أن أعمدة البيت وعارضاته الخشبية مصنوعة من خشب حي فهي فانية. ليتجنب السكان خسارة بيتهم، يتعين عليهم مراقبة صحة بيتهم عن كثب. قد نحدد خطرين أساسيين. أولهما، العواصف. ففي حال كسرت ضربة الرياح العاصفة أغصان الشجرة العليا وحرمتها أوراقها، يحكم على الشجرة بالهلاك لأنها تصبح عاجزة عن استمداد الطاقة من الشمس لتنمو وتعيش لسوء الحظ. ليس في يد السكان أي حيلة لسوء الحظ أمام خطر من هذا النوع... يصبح البيت إذاً تحت رحمة حالة الطقس. أما الخطر الأساسي الآخر فيمكن أن تستبعده مراقبة مستمرة: وهو الفطريات. في الغابة أو في المدينة، تتركز تلك الطفيليات الحية في الجذوع المصابة. تلتهم قلب الأشجار وتشكل فجوات تختبئ فيها العصافير أحياناً مثل البوم الأسمر. وهذا لا يقتل الأشجار بل يضعفها. تخيّلوا بيتاً أعمدته مجوفة... تلك هي المشكلة! تلك الفطريات شائعة للغاية، ولحسن الحظ يكفي الاعتناء بجذع الأشجار لتجنب الغزو. للسكن في بيت حيّ، من الأفضل التحلي بموهبة الاعتناء بالنبات!



للحصول على تلك الشجرة-السلة الحقيقية فعلاً، توجّب ضم ست أشجار من أشجار الجميز.

بكم في البيت-الشجرة

عتبة الباب

يسمح منحدر بالوصول إلى البيت من دون وطء الأرض المجاورة. ولهذا سبب وجيه: حماية الأرض حول الأشجار. في الواقع، تحتاج جذورها إلى أرض مشبعة بالهواء تمرر الهواء والأكسجين. إن الدوس المستمر عند مدخل المنزل يسوي التربة ويجعلها مضادة للماء مما يحكم على الجذور بالاختناق في تلك البقعة. وهذا ما يضعف الأشجار. بما أن التربة لا تتنفس كثيراً تحت أرضية المنزل، من الضروري إذاً الحد من المشي حول المسكن. بعبارة أخرى: ممنوع الركض في الحديقة!

الداخل

ثمة مجال لثلاث غرف (بينها غرفتين في الطابق الأوسط)، ومرحاض وحمام وصالة تضم مطبخاً. وفي الخانة نفسها، يمكن أن يزود البيت ببعض الأثاث-من النبات مثل هذا الكرسي الحي (الصورة على اليسار)، أو بأثاث من نوع بلانتوير (Plantware) وهي مؤسسة تصنع شجيرات-طاولات أو مشاجب مزروعة في إناء.

POOKTRE PLANTED, 1998

قبل أن نستمتع بالشجرة-الكرسي، نحتاج إلى سنوات من الصبر!



جامع الماء

في مدينة عادية، يسيّر الماء والكهرباء إلى المساكن بواسطة أنابيب وكابلات تحت الأرض موصولة بشبكة الصرف الصحي. لا شيء من هذا في حيّ من البيوت-الأشجار: فإن الطابق الأرضي مخصص حصرياً لتفرع الجذور. ليحصل السكان على ركيزتي الرفاهية العصرية أي الماء الجاري والكهرباء، أمامهم خيار واحد: ينبغي إنتاجهما في الموقع. يجمع ماء المطر داخل نوع من قمع موضوع على السطح، ثم يخزن في خزان يزود المطبخ والحمام بالماء. بالنسبة إلى الكهرباء، يعول المهندس المعماري على الألواح الضوئية الجهدية التي تعلق على أعلى الأغصان.

النوافذ

في بيت حي من المستحيل تركيب نوافذ زجاجية. بما أن الأشجار التي يتألف منها الهيكل تنمو باستمرار وتثخن، حتى لو كانت وتيرة نموها تتضاءل كلما تقدمت في السن، فهي تضغط وتحدث تغييرات تكسر الزجاج بعد فترة وجيزة. إن المادة التي تتشكل منها النوافذ هي في الواقع بحد ذاتها، العنصر المستقبلي الوحيد الذي يتخيله ميتشل جواشيم Mitchell Joachim. يتصور النوافذ على شكل فقاعة (مقاومة أكثر للضغط من الشكل المسطح) ومصنوعة من مادة بلاستيكية لم يخترعها بعد، وهي راسخة ومطاطية وشفافة.

الجدران

بين جذوع الأشجار التي تؤلف الهيكل، يشكل تشابك الكرمة ما يشبه الجدار... لكن هذا لا يكفي على الإطلاق لحماية الداخل من قسوة الشتاء! تلك الشبكة النباتية تسند الجدار الفعلي الذي يتألف ليس فقط من طوب أو مطل بل من مزيج من الطين والقش العازل أيضاً.

طين من قش وصلصال

فقاعة مطاطية وبلاستيكية

تعريشة كرمة

PATRICK BLANC

نعرف كيف نصنع جدراناً نباتية!

مياه الصرف الصحي

بسبب غياب مجاري الصرف الصحيّ، من الصعب تصريف مياه المطبخ والمراحيض والحمامات. تستخدم النفايات العضوية الصلبة بعد أن تجمع في وعاء موضوع تحت البيت كسماد. أما المياه التي تحوي مساحيق تنظيف أو منظفات أو صابوناً ليست قابلة للتدوير فتخزن في برميل يفرغ بانتظام. تبقى مشكلة المياه "الرمادية" مطروحة: تحوي حصرياً المواد العضوية وهي قابلة للتدوير. تروي أولاً حديقة تنبت في محلول مغذي وراء البيت حيث تهضم البكتيريا والنبات والمواد العضوية. بعد تنقيتها؛ تتشرب التربة المياه حيث تمتصها جذور الأشجار.

للاستزادة على الانترنت

على شبكة الانترنت، موقع ميتشل جواشيم Mitchell Joachim**، مع غيرها من مشاريع الهندسة الخضراء:** www.archinode.com

هناك الروابط المباشرة على: svjlesite.fr

نشكر برونو موليا Bruno Moulia من مختبر الفيزياء والفيزيولوجيا المتكاملة للأشجار المثمرة وأشجار الغابات، المعهد القومي للعلوم الفلاحية إينرا Inra، كليرمون فيران Clermont-Ferrand.

(1) FAITES POUSSER VOTRE MAISON!, Science & Vie Junior 281, pp 58-61
(2) Jérôme Blanchart

يترجم فورياً اتصالاتكم نحو الخارج

لم يعد من الضروري أن نتكلم اللغة نفسها للتواصل على الهاتف؛ فقد نفّذت الشركة الرئيسية للهاتف النقال اليابانية "ن.ت.ت دوكومو" (NTT Docomo) نظام ترجمة فورية يمكنه ترجمة المكالمات الهاتفية في اللحظة نفسها، إنه نظام رائد بالنسبة إلى هذا النوع من الاستعمال. هذا التطبيق، المسمى هاناشيت هونياكو (Hanashite Hon'yaku)، يترجم الصوت في أقل من ثانية، ويمكنه أيضاً أن ينقل كتابيًا الحديث الجاري على هاتفكم الذكي أو على لوحتكم الأندرويد (Android). تتطلب تلك الخدمة المبنية على موارد -متوافرة في "غيمة معلوماتية" ("كلاود" cloud)- الاتصال بخدمة الجيل الثالث 3G أو "البث اللاسلكي الفائق السرعة والدقة" wifi لتشتغل. وعلى الرغم من أن الترجمة ليست "متقنة" بعد فإن الياباني يمكنه أن يتكلم اليابانية فيُترجم حديثه تلقائياً إلى الإنجليزية أو الصينية أو الكورية لدى مخاطبه، ومن المفترض أن تتوفر لغات أخرى، من بينها الفرنسية في الأشهر القادمة. ج.ج J.J.

الثمن: مجاني في اليابان

للاستعلام: www.nttdocomo.com



نتعلم بسرعة في كل الأعمار

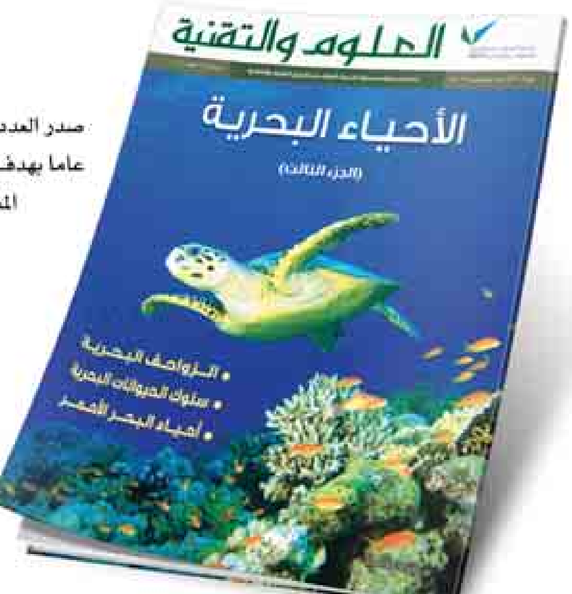
هل القدرة على التعلم ميزة خاصة بالشباب؟ هذا ليس مؤكداً. بحسب دراسة كنديّة، من الممكن أن يكتسب كبار السن بسرعة معارف جديدة. فخلال نشاطات تعلمية، فحص الباحثون مفردات وذاكرة العمل وسرعة معالجة دماغ ٣٣٤ مواطناً من زيوريخ (Zurich) في سويسرا تتراوح أعمارهم ما بين ٦٦ و ٨١ سنة. النتيجة: تظل قدرة التعلم نفسها فضلاً عن سعة المفردات وجودة ذاكرة العمل. والملاحظ أنه رغم تراجع سرعة المعالجة الدماغية مع العمر فإن ذلك لا يؤثر في قدرة التعلم. جامعة فيكتوريا، في كندا ٢٠١٢م.



صدر العدد الثامن من مجلة نيتشر الطبعة العربية بدعم
من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

تصفح جميع الأعداد الشهرية لمجلة nature مجاناً على الموقع:

http://arabicedition.nature.com



صدر العدد ١٠٤ من مجلة العلوم والتقنية والتي بدأ إصدارها منذ ما يزيد عن ٢٥ عاما بهدف نشر الوعي العلمي بين عامة المجتمع وذلك لتوعيتهم بالمجالات العلمية المختلفة ومدى أهميتها، وتشجيع الاهتمام بروافد العلوم والتقنية

تصفح الموقع الإلكتروني لمجلة العلوم والتقنية

http://stm.kacst.edu.sa

في العدد القادم



الوقت يمرّ حتى عند الذرة





مجلة العلوم والتقنية للفتيان على الموقع الإلكتروني

http://publications.kacst.edu.sa

مطابع مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية الرقم: ٣٤٠١١٣ رقم الوثيقة : 05P0031-BKT-0001-AR01